Kraft, d. h. mit Eigenbewegnng ausgestatteten Teilchen der Materie gehören die magnetischen Effluvien und auch die Feuerpartikeln, auf welche sich die Theorie der Wärme stützt. Vor allem aber sind sie notwendig zur Erklärung der Elasticität.

Wir haben bis jetzt unerörtert gelassen, worauf jene Gegenwirkung gegen den Druck sich gründet, welche die elastischen, von der Schwere zusammengepreſsten Korpuskeln wieder in ihre ursprüngliche Lage und Gestalt zurückführt. Die Atome, aus denen die Korpuskeln bestehen, sind starr und absolut hart, ihre Teile sind nicht mehr verschiebbar. Ihnen oder den Korpuskeln die Fähigkeit zuzuschreiben, von sich selbst wieder in den früheren Zustand zurückzukehren, das hieſse ihnen ein Bewuſstsein ihrer Lage oder eigenes Leben beilegen und widerspricht der ganzen mechanischen Grundrichtung der Borellischen Naturauffassung. Es muſs also eine andre Gegenwirkung gegen die Deformation durch die Schwere gesucht werden.

Die gassendische Erklärung der Elasticität will Borelli nicht anerkennen. Nach Gassendi sollte, sowie die Reflexion als eine Fortsetzung der ursprünglichen Bewegung mit veränderter Richtung infolge einer Art Gleitens auf enggekrümmter Bahn erschien, auch das Zurückspringen eines elastischen Stabes aus seiner gebogenen Lage nur eine besondere Form der Reflexion sein. Borelli dagegen sucht die Ursache in der Gegenwirkung einer unabhängigen Bewegung.

Die wirkende Kraft kann dabei unter Umständen die Schwere selbst sein, wenn nämlich der elastische Körper sich in einer Flüssigkeit wie Luft oder Wasser befindet, so daſs die Teilchen der letzteren in seine zusammengedrückten Poren hineindringen und sie wieder erweitern.[1] In der Regel aber wird diese Rolle den mit Eigenbewegung begabten äuſserst minimalen Partikeln des Feuers, des Lichtes oder der magnetischen und andrer Effluvien zufallen, welche durch ihre sehr rasch widerholten Stöſse die durch den äuſseren Druck verengten Poren auseinander treiben.[2] Daraus erklärt sich die groſse und unverminderte Kraft der Elasticität, welche sofort nach dem Aufhören des Drucks in Thätigkeit tritt. Es ist

[1] *De vi perc.* p. 191. — [2] A. a. O. p. 192.

also die Agitation der ätherischen Teilchen, welche auch die unveränderlichen letzten Bestandteile der Molekularmaschinen antreibt und in ihrer ursprünglichen Lage erhält. So ist denn auch die Hilfshypothese elastischer Korpuskeln zuletzt auf kinetische Prinzipien zurückgeführt.

3. Rechtfertigung und Kritik der Borellischen Theorie.

Borellis Korpuskulartheorie gilt wegen der komplizierten Gestaltung seiner elastischen Molekularmaschinen gewöhnlich als der Gipfel der Absonderlichkeit, zu welcher künstliche Hypothesenbildung sich verirren könne.

Dafs der eingeschlagene Weg thatsächlich zu keinem Ziele führen konnte, läfst sich heute übersehen; aber eine eingehendere Betrachtung zeigt, dafs wir es bei Borelli keineswegs mit willkürlichen Phantasien zu thun haben, sondern vielmehr mit einer notwendigen Konsequenz gassendischer Prinzipien. Der Schein, als lägen hier unberechtigte Voraussetzungen vor, entsteht nur dann, wenn man übersieht, dafs jene künstlichen Maschinen durchaus nicht die letzten Teile der Materie sind, dafs also die ursprünglichen Atome weder als elastisch und biegsam noch selbst als absonderlich gestaltet vorausgesetzt sind. Jene spiralig zu Röhren gewundenen oder mit wollartigem Flaum besetzten Korpuskeln sind vielmehr bereits Molekeln. Es liegt aber an sich kein Grund vor, die molekularen Konkretionen der Atome als besonders einfach anzunehmen, sondern hier kann nur die Brauchbarkeit und der Erfolg der Hypothese entscheiden. Alles spricht dafür, dafs auch die Molekeln der modernen Physik in den Flüssigkeiten bereits verwickelte Komplexe sind, und namentlich die organische Chemie mufs ja aufserordentlich zusammengesetzte Systeme von Atomgruppen annehmen. Der Unterschied beruht also nur in der Eigentümlichkeit des Baues, bei welchem Borelli als Analogon die zu technischen Zwecken dienenden Maschinen, den Modernen dagegen mehr das aus der Astronomie entlehnte stabile System von Massenpunkten vorschwebte. Beide Vorstellungen sind nur Hilfsmittel der Veranschaulichung, deren Wahl jedoch einen tieferen Hintergrund hat, nämlich den Unterschied in der mechanischen und dynamischen Übertragungs-

weise von Bewegungen, welcher die antike Mechanik von der modernen überhaupt trennt.

Betrachtet man indessen die Grundbestandteile der Materie, so sieht man, dafs BORELLI in der vollen Konsequenz der philosophisch fundierten Atomistik steht. Er weist nach, dafs alle Körper zuletzt aus starren Partikeln von absoluter Härte zusammengesetzt sind, und man kann für dieselben jenen Begriff der Solidität in Anspruch nehmen, dessen wissenschaftliche Berechtigung GASSENDI nachgewiesen. Insofern ist also BORELLI durch die philosophische Arbeit des Jahrhunderts getrennt und hinausgehoben über die unberechtigten und der blofsen Versinnbildlichung dienenden Annahmen eines MAGNENUS und andrer, welche den Atomen selbst wieder verschiebbare Teile oder Qualitäten zuschrieben.

Man wird ihm daher das Verdienst nicht absprechen können, die kinetische Atomistik, deren Grundlagen GASSENDI vertrat, zu einem System der Korpuskularphysik ausgebaut zu haben mit allen Hilfsmitteln, welche ihm der Fortschritt der Experimentalphysik zu Gebote stellte. Er unternahm es, der Korpuskulartheorie ein mathematisches, auf mechanische Gesetze begründetes Fundament zu schaffen, indem er sich nicht damit begnügte anzugeben, wie sich vielleicht die korpuskularen Vorgänge mit einer gewissen Anschaulichkeit vorstellen liefsen, sondern indem er mathematisch nachzuweisen suchte, dafs seine Hypothesen in der That die beobachteten Erscheinungen zur Folge haben müfsten. Er benutzte hierzu zwei Grundkräfte oder richtiger zwei Grundformen der Bewegung, nämlich die unerschöpflich sich erhaltende Energie einer ätherischen Materie von äufserst kleinen Atomen, und die Eigenschaft der eigentlichen Körperkorpuskeln, einen bestimmten Gleichgewichtszustand in Bezug auf die Erde anzustreben, ihre Schwere.

Auf die Wechselwirkung dieser Schwere, als eines Grundgesetzes der Natur, mit der Agitation ätherischer Substanzen sollen nun alle übrigen Bewegungen der irdischen Körper zurückgeführt werden. Man mufs anerkennen, dafs es ein genialer und weitreichender Blick ist, mit welchem BORELLI in der Mannigfaltigkeit der Naturkräfte eine mechanische Einheit sieht, nämlich ein hydrodynamisches Problem, die Wechsel-

wirkung der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. In der Art, wie er an die Auflösung desselben im einzelnen geht, zeigt sich strenge Methode und mathematische Schulung, wenn auch freilich das mathematische Genie eines Huygens, Newton oder Leibniz fehlte, um den weiterführenden Gesichtspunkt zu finden. Borelli bewegt sich in den Grenzen der antiken Mathematik und zum grofsen Teile, trotz seiner Stofstheorie, noch in denen der alten Mechanik. Allerdings hatte er sich Galileis Auffassung der Bewegung zu eigen gemacht und die Ableitung der Pendelbewegung richtig darauf gegründet. Auch hat er die gassendische Vorstellung von der Diskontinuierlichkeit der Bewegung überwunden, er hebt hervor, dafs letztere in einem successiven Passieren aller Raumteile besteht, dafs sie zu den kontinuierlichen Gröfsen und zur Gattung der fliefsenden Gröfse gehört.[1] Die Geschwindigkeit erklärt er ausdrücklich für eine intensive, nicht extensive Gröfse und sieht den Unterschied der Geschwindigkeiten in einer intensiven Stärke oder Energie.[2] Auch weifs er sehr wohl, dafs die Energie des Stofses und der statische Druck zwei Begriffe verschiedener Gattung sind, die sich deswegen nicht aneinander messen lassen. In seiner Korpuskulartheorie herrscht trotzdem die Anschauung der Statik vor. Er löst die einzelnen Aufgaben in eine Untersuchung von Druckunterschieden auf und führt die Veränderung der Richtung von Bewegungen oder Kräften nicht auf den Stofs oder auf allgemeine mechanische Prinzipien zurück, sondern auf das Eingreifen von Maschinenteilen nach Gesetzen des Gleichgewichts. Aus diesem Mangel einer weiteren Ausbildung einer eigentlichen Dynamik ergibt sich die erfolglose Richtung, welche seine Theorie einschlug. Denn infolgedessen mufste er seine Korpuskeln als Maschinen konstruieren, deren Teile so gebaut waren, dafs sie die gewünschten Richtungsänderungen ergaben. Daher richtete sich sein Augenmerk auf die Konstruktion passender Molekulargestalten, Vorsprünge und Windungen, die ineinander wie Hebel und Schrauben eingreifen, und die federnden Kräfte,

---

[1] *De vi perc.* p. 1, 2.

[2] *De vi perc.* p. 2. — Hic patet quod motus velox revera major est motu ardo non extensiva quantitate, sed intensivo robore et energia, ut ita loquar.

welche in derartigen Mechanismen ausgelöst werden konnten. Je komplizierter aber die Korpuskeln wurden, um so schwieriger ward es, mathematische Betrachtungen auf dieselben anzuwenden. Es gelang ihm daher in der Kapillaritätstheorie auch nicht, von seinen experimentellen Entdeckungen genügende theoretische Rechenschaft abzulegen. Indessen wäre dies noch kein Anlafs, seine Theorie ohne weiteres abzulehnen; sie hätte in den Grundzügen immerhin berechtigt sein können. Vielleicht wären andre Annahmen über die Konstruktion der Korpuskeln und eine scharfsinnigere Anwendung der Mathematik imstande gewesen, die von der Erfahrung geforderten Sätze abzuleiten. Die Technik der mathematischen Physik schreitet nur langsam fort, und dafs es einer Theorie der Materie nicht gelingt, die bekannten Erscheinungen sogleich alle abzuleiten, ist noch kein Grund zu ihrer Verwerfung, denn er würde für alle uns bekannten Theorien zu bestimmten Zeiten gelten. Sehr häufig ist eine derartige Ableitung erst in viel späterer Zeit gelungen. Aus dem Mangel an Erfolg scheint uns daher die Borellische Theorie der Korpuskularmaschinen noch nicht ohne weiteres abzuweisen. Man kann Borellis Korpuskulartheorie als die Probe der Physik auf gassendische Prinzipien ansehen, und man mufs zugeben, dafs sie nicht gelungen war. Aber das mochte immerhin an äufseren Umständen liegen und würde über ihren absoluten Wert noch nicht entscheiden, wenn sich nicht eine innere Lücke zeigte, die Borelli nicht ausfüllen konnte. Wenn die Korpuskeln aus Atomen bestehen, so mufs man fragen, wodurch die Verbindung dieser Atome untereinander gewährleistet ist, so dafs dieselben durch Druck gegeneinander verschoben und durch die Ätheragitation in ihre Lage zurückgebracht werden können. Da nicht anzunehmen ist, dafs jene künstliche maschinelle Verbindung selbst wieder durch den Stofs des Äthers zusammengehalten wird, so müfste man sich die Atome etwa wie die Glieder einer Kette oder eines Panzers ineinander verschränkt denken, so dafs die biegsamen Korpuskeln herauskommen. Ihre elastische Spannung könnte dann durch den Äther bewirkt werden. Unter diesem Gesichtspunkte aber erscheinen alle Annahmen über die Atomgestalten und Poren untergeordnet, es kommt alles auf die Bewegung des Äthers an, und

es gehörte daher zur Vollständigkeit der Theorie nach ihrer prinzipiellen Seite, dafs die Bewegung und Wirkung der Ätheratome auf die Körperatome und aufeinander untersucht und festgestellt wurde. Es tritt also dann die Forderung ein, diese Wechselwirkung zu begründen. Soll diese aber wieder auf die Stofsgesetze zurückgeführt werden, so ergeben sich alle die Schwierigkeiten wie bei Gassendi. Die Übertragung der Bewegung wird unbestimmt. Nur die Aufnahme von Festsetzungen über die Abänderung der Bewegung, welche stattfindet, sobald zwei Atome in Raumkonkurrenz treten, unter die Axiome der Atomistik, d. h. die Verbindung des Grundsatzes der Wechselwirkung mit demjenigen der Substanz durch das Denkmittel der Variabilität, welches das Gesetz der Veränderung fundamentiert, bietet den Ausweg aus dem Dilemma der Theorie der Materie. Die kinetische Theorie findet so lange ihre Schranke, als sie nicht auf Prinzipien der Mechanik gegründet werden kann.

Fünfter Abschnitt.

Die Vibrationstheorien.

Borelli hatte die äufserste Konsequenz der gassendischen Atomistik gezogen und Gestalt, Gröfse und Impetus der Korpuskeln so zu bestimmen gesucht, dafs die Erscheinungen salviert werden. Im letzten Grunde blieb dabei immer die Veränderung der Substanzverteilung im Raume das einzige Erklärungsmittel. Sollte die von Galilei entdeckte Realität der Bewegung in fruchtbare Verbindung mit der Atomistik treten und als die intensive Gröfse der kinetischen Energie die quantitativ bestimmbare Grundlage der modernen Physik werden, so mufste der Zusammenhang zwischen Substanzverteilung und Energieverteilung erkannt werden. Hierzu war es nötig, zu untersuchen, inwieweit Bewegung imstande sei, das zu leisten, was man bisher zur Objektivierung der Erscheinungen lediglich der körperlichen Substanz zugemutet hatte. Inwieweit

kann die „Solidität“, welche die Materie individualisieren und im Raume identifizieren soll, durch Bewegung ersetzt werden? DESCARTES hatte sich in dieser Hinsicht allerdings versucht, war aber nicht zum Ziele gekommen. Wenn jedoch die Bewegung selbst nicht eine translatorische war, wie bei DESCARTES, sondern eine sich selbst abschliefsende und gewissermafsen individualisierende wurde, die als solche von der Bewegung jedes andren materiellen Teilchens unterscheidbar blieb, so schien ein neuer Weg geöffnet, die Schwierigkeiten des Körperproblems zu überwinden. Diesen Versuch macht eine Vorstellungsweise von der Materie, welche sich am besten als Vibrationstheorie bezeichnen läfst. HOBBES hat in seiner *reciprocatio* die Anwendung einer solchen zur Erklärung der Härte angedeutet (s. II S. 233); das Verdienst, nach dieser Seite hin die Frage nach dem Wesen des Körpers eingehender behandelt zu haben, dürfte HOOKE zukommen.

ROBERT HOOKE (1635—1703) ist eine der eigentümlichsten Erscheinungen unter den hervorragenden Forschern seiner Zeit. An allen wichtigeren Fragen der Astronomie, Mechanik und Physik beteiligt und als Sekretär der Royal Society im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Verkehrs stehend, macht er mit rastloser Arbeitskraft eine grofse Anzahl wertvoller Erfindungen und Entdeckungen und nimmt aufserdem die Priorität für eine nicht geringe Zahl andrer in Anspruch. Er mag dabei in gutem Glauben gehandelt haben. Denn er war in der That ein so erfindungsreicher und anschlägiger Kopf, dafs er sich über die verschiedensten Gegenstände frühzeitig selbständige Ansichten bildete, die jedoch nur hingeworfene Gedanken blieben, und erst, wenn sie von einem andren ebenfalls ergriffen und mit Glück behandelt wurden, ihm als sein geistiges Eigentum erschienen.

In der Geschichte der Korpuskulartheorie vertritt HOOKE einen durchaus originellen Gedanken, der von weittragendster Bedeutung gewesen wäre, wenn HOOKE selbst über eine Skizzierung desselben zu ausführlicher Theorie hinausgegangen wäre, oder wenn seine Ideen durch HUYGENS' Prinzipien der Mechanik das mathematische Bürgerrecht in der Wissenschaft empfangen hätten. Die durch NEWTONS Entdeckungen bedingte Abwendung von den kinetischen Theorien liefs mit so vielem



nichtigen Hypothesenkram auch HOOKES wertvollere und berechtigtere Annahmen vorläufig verschwinden. Die Lehre, um derenwillen wir HOOKE hier zwischen BORELLI und HUYGENS zu nennen haben, ist seine Vibrationstheorie der Materie.

Der Grundgedanke der HOOKEschen Theorie ist der, daſs die Erfüllung des Raumes nicht bloſs von der Gröſse der Korpuskeln, sondern wesentlich auch von der Art ihrer schwingenden Bewegung abhängt, und daſs auf der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung dieser Schwingungen sämtliche Eigenschaften der Körper beruhen. Er nennt diese elementare Eigenschaft der Materie *Congruity and Incongruity of bodies.*

Nach seiner eigenen Angabe[1] hat HOOKE seine Theorie schon im Jahre 1660 besessen, aber in einer Abhandlung über die Erklärung der Bewegungen des Wassers in engen Poren auf die Prinzipien derselben nur hingedeutet *(An Attempt for the explication of the Phenomena* etc. p. 31 und in der lateinischen Ausgabe in der Übersetzung von BEHEM, Amsterdam 1662 p. 38). Eine weitere Ausdehnung hat er seiner Theorie in der *Mikrographie*[2] gegeben, wo er die verschiedensten Erscheinungen darauf zurückführt[3] und auch auf die Annahme derartiger Schwingungen im Äther eine Undulationstheorie des Lichtes gründet.[4] Am klarsten stellt er jedoch seine Theorien in den *Vorlesungen über Elasticität* dar (1678), wonach wir hier berichten.[5]

Das sinnlich wahrnehmbare Universum besteht aus Körper und Bewegung. Körper bedeutet nichts andres, als das Substrat der Bewegung, etwas, das geeignet ist, Bewegung aufzunehmen oder fortzuführen. Weder Ausdehnung noch Quantität, weder Härte noch Weichheit, weder Flüssigkeit noch Festigkeit, Verdichtung oder Verdünnung sind Eigenschaften des Körpers, sondern sie gehören vielmehr der Bewegung oder dem Bewegten an. Unter Bewegung versteht HOOKE nichts als eine Kraft oder progressive Tendenz des Körpers nach Maſsgabe der

[1] *Lectures De Potentia restitutiva or of Spring explaining the Power of Springing Bodies.* London 1678. p. 6.

[2] *Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies* etc. London 1667. (Druckordre vom 23. Nov. 1664).

[3] *Microgr.* p. 11 ff. — [4] *Microgr.* p. 57 f.

[5] *Lectures de Potentia restit.* p. 7 ff.

verschiedenen Grade der Geschwindigkeit. Körper und Bewegung halten sich stets das Gegengewicht in allen Wirkungen, Erscheinungen und Operationen der Natur, und darum ist es nicht unmöglich, dafs sie einunddasselbe sind; denn ein kleiner Körper mit grosser Bewegung ist einem grofsen Körper mit wenig Bewegung äquivalent hinsichtlich seiner sinnlich wahrnehmbaren Wirkungen in der Natur.

Körper und Bewegung sollen vorläufig als verschiedene Essenzen angenommen werden, obgleich sie vielleicht später nur als verschiedene Auffassungen einer und derselben Essenz erkannt werden können. Aus ihnen sind alle Dinge im Universum, die Gegenstände unsrer Sinne werden, zusammengesetzt, so dafs es in der Materie kein sinnlich wahrnehmbares Teilchen gibt, das nicht den gröfsten Teil seiner wahrnehmbaren Ausdehnung der Bewegung verdankt, während nach der gewöhnlichen Anschauung die Ausdehnung allein auf der Eigenschaft des Körpers beruht, eine begrenzte Quantität Raum oder Ausdehnung so auszufüllen, dafs aus demselben Raume alle andern Körper notwendig ausgeschlossen werden.

Demnach definiert HOOKE einen sinnlich wahrnehmbaren Körper als einen begrenzten Raum, der vor der Durchdringung durch einen andren mittels einer Kraft von innen geschützt wird.[1] Unter dieser Kraft von innen versteht jedoch HOOKE keineswegs eine substanzialisierte dynamische Kraft im Sinne einer Abstofsung, sondern er fafst die Raumerfüllung durchaus kinetisch; der Raum wird behauptet durch die aktuelle Vibrationsbewegung des darin befindlichen Körpers. Dies wird ersichtlich aus dem von ihm gegebenen Beispiel. Er denkt sich eine sehr dünne Eisenplatte von der Gröfse eines Quadratfufses in vibrierender Bewegung vor- und rückwärts senkrecht auf ihrer Ebene so rasch hin und her schwingend, dafs es keinem Körper möglich ist, in den Raum einzudringen, in welchem sie hin und her vibriert; alsdann wird diese Platte, wenn ihre Schwingungsweite einen Fufs beträgt, die Wirkung hervorbringen, dafs sie einen Kubikfufs sinnlich wahrnehmbaren Körpers ausfüllt.

---

[1] A. a. O. p. 8. I do therefore define a sensible Body to be a determinate Space or Extension defended from being penetrated by another, by a power from within.

In diesem Sinne nimmt HOOKE an, dafs die räumliche Ausdehnung der sinnlichen Körper von der vibrierenden Bewegung ihrer Teile abhängt, welche, vermöge dieser Bewegung, einen viel gröfseren Teil des Raumes vor dem Eindringen andrer Körper schützen und also sinnlich erfüllen, als sie unbewegt einnehmen würden. Die Vibrationsbewegung ist den Körperpartikeln n i c h t inhärent oder von ihnen untrennbar, sondern sie wird ihnen durch Anstöfse mitgeteilt, die von andern Körpern im Universum ausgehen. Inhärent ist den Partikeln nur ihre Gröfse oder Masse (bulk), die sie dafür empfänglich macht, dafs ihnen gerade diese eine und keine andre Bewegung mitgeteilt wird, d. h. jede materielle Partikel ist nur für gewisse eigentümliche Bewegungen empfänglich, so dafs Gröfse (magnitude) und Bewegungsempfänglichkeit (receptivity of motion) dasselbe zu sein scheinen. Zur Erläuterung denke man sich eine Reihe von Saiten *A*, *B*, *C*, *D* etc. jede auf einen bestimmten Ton gestimmt, und eine zweite Reihe *a*, *b*, *c*, *d* etc. auf dieselben Töne abgestimmt, so wird *A* empfänglich sein für die Bewegung von *a*, aber nicht für die von *b*, *c*, *d* u. s. w., und dem entsprechend die übrigen. Dies also ist das, was HOOKE Kongruität und Inkongruität nennt.

So wie wir finden, dafs die Saiten von Musikinstrumenten durch Gleichklänge und durch Oktaven, oder auch durch andre harmonische Accorde in Bewegung gesetzt werden können, wenn auch nicht in demselben Grade, so nimmt HOOKE an, dafs auch die Partikeln der Materie hauptsächlich durch solche Bewegungen erregt werden, welche wie Gleichklänge sind — um sie so zu nennen — oder durch solche, welchen gleiche Schnelligkeit ihrer Bewegungen oder andre harmonische Bewegungen in einem geringern Grade zukommen.

Zur Vermittelung und zur Quelle dieser schwingenden Bewegungen dient der Äther. HOOKE nimmt eine äufserst feine Materie an, welche alle andern Körper umgibt und durchdringt und das Mittel darstellt, in welchem sie schwimmen; sie erhält alle Körper dauernd in ihrer Bewegung und ist das Medium zur Vermittelung aller homogenen und harmonischen Bewegungen von Körper zu Körper. Alle solchen materiellen Partikeln, welche von gleicher Natur sind, bleiben, falls sie nicht durch andre von verschiedener Natur getrennt sind, zusammen und verstärken

ihre gemeinsame Bewegung im Gegensatz zu den abweichenden Bewegungen der umgebenden Körper. Dementsprechend befindet sich das gesamte Universum und alle Partikeln in demselben im Zustande fortwährender Bewegung, und jedes von ihnen behauptet seinen Anteil an Raum gemäfs seiner Körpermasse oder der eigentümlichen Kraft, mit welcher es seine besondere Bewegung fortsetzt.

Wenn sich zwei oder mehrere solcher Partikeln unmittelbar miteinander verbinden und zu einer einzigen zusammenwachsen, erhalten sie eine andere Natur und werden für einen andren Grad der Bewegung und Vibration empfänglich; sie bilden alsdann eine zusammengesetzte Partikel, welche von der Natur jeder anderen Partikel abweicht.

Alle Massen und sinnlich wahrnehmbaren Körper sind aus derartigen Partikeln zusammengesetzt, welche ihre besonderen und angemessenen Bewegungen haben, die durch die andersartigen oder dissonierenden Vibrationen des umgebenden Körpers oder Fluidums zusammengehalten werden. Entsprechend der Verschiedenheit der Vibrationsbewegungen der umgebenden Masse besitzen alle Körper mehr oder weniger die Fähigkeit, in ihren besonderen Gestalten zu verharren.

In der Nähe der Erde sind alle Körper von einer flüssigen, sehr feinen Materie umgeben, welche durch die verschiedene Schnelligkeit ihrer Teile alle festen Körper in den ihnen eigentümlichen Gestalten erhält, die sie hatten, als sie sich zuletzt im flüssigen Zustande befanden. Und alle flüssigen Körper jeder Art sind mit diesem Fluidum vermischt, welches erst dann von ihnen ausgestofsen wird, wenn sie fest werden. Flüssige Massen unterscheiden sich von den festen dadurch, dafs alle Flüssigkeiten aus zwei Arten von Partikeln bestehen. Die einen bilden das gemeinsame Mittel in der Nähe der Erde und sind zwischen die vibrierenden Partikeln gemischt, welche zu dieser Masse gehören und daher an ihren Bewegungen und Vibrationen teilnehmen; die andern schliefsen vollständig diese Bewegung aus und nehmen daher nicht an derselben teil.

Obgleich die Partikeln der festen Körper durch ihre vibrierenden Bewegungen dieses Fluidum verhindern, zwischen sie zu gelangen, wo ihre Bewegungen sich unmittelbar berühren, so gibt es doch zwischen ihnen gewisse Räume, welche nicht durch

die Bewegungen der Partikeln geschützt sind und somit durch das heterogene flüssige Mittel durchsetzt werden. Diese von den Körpern und der Vibrationsbewegung ihrer Teilchen nicht geschützten und demnach von dem subtilen umgebenden, heterogenen Fluidum durchdrungenen Räume sind das, was wir die sinnlich unmerklichen Poren der Körper nennen.

Mit der Gröfse der Körper stehen ihre Bewegungen in umgekehrtem Verhältnisse; je grösser oder stärker der Körper ist, desto langsamer ist seine Bewegung, mit welcher er die Partikeln zusammendrückt; und je kleiner der Körper ist, um so schneller ist seine Bewegung. Je kleiner die Partikeln der Körper sind, um so mehr nähern sie sich dem Wesen des allgemeinen Fluidums, und um so leichter werden sie sich vermischen und an seiner Bewegung teilnehmen.[1]

Dies sind die allgemeinen Grundzüge der Theorie der Materie, mit deren Hilfe Hooke die allgemeinen Eigenschaften der Körper und eine Reihe besonderer Erscheinungen erklärt. Je nachdem die Schwingungen der Teilchen miteinander übereinstimmen oder sich gegenseitig stören, ändern sich die Zustände der Körper. In den festen Körpern berühren sich die Teilchen unmittelbar und schwingen übereinstimmend. Immer sind es die äufseren Schwingungen, welche durch ihren Druck die Körper in ihrem Zustande halten; ohne denselben würden die festen Körper flüssig, die flüssigen gasförmig werden.

Die Luft ist gewissermafsen eine Lösung der Wasser- und Erdteilchen in der Agitation des Äthers.[2] Ihre Teilchen sind so klein, dafs sie fast gleich den Partikeln des heterogenen flüssigen Mediums sind, welches die Erde umgibt. Wegen der Kleinheit dieser Teilchen sind ihre Vibrationsräume sehr grofs, um sie mit den übrigen irdischen Körpern ins Gleichgewicht zu bringen, und demnach ist die Geschwindigkeit der Teilchen in diesen Schwingungen sehr bedeutend. Hooke nimmt an, dafs die Schwingungsweite der Luftteilchen im gewöhnlichen Zustande unmittelbar an der Erdoberfläche 8000mal so grofs ist als die der Stahlteilchen, und mehr als 1000mal so grofs als die der Wasserteilchen.[3] Wenn nun eine gewisse Luftmenge in

---

[1] A. a. O. p. 7—11. — [2] *Micrographia.* p. 13.
[3] *Lectures de Potentia restit.* p. 16.

einem festen Körper eingeschlossen und dieser so eingerichtet ist, daſs man die Luft in einen kleineren Raum zusammenpressen kann, so bleibt die Bewegung, unter der Voraussetzung daſs die Wärme sich nicht ändert, beständig dieselbe. Infolgedessen müssen die Vibrationen und Zusammenstöſse in umgekehrtem Verhältnisse zunehmen, d. h. in der auf die Hälfte des Raumes komprimierten Luft wird die Anzahl der Vibrationen und Zusammenstöſse die doppelte, u. s. f. — Ist dagegen das Gefäſs so eingerichtet, daſs die Luft sich ausdehnen kann, so wird die Länge der Vibrationen in gleichem Verhältnisse vergröſsert und die Zahl der Vibrationen und Zusammenstöſse in umgekehrtem Verhältnisse vermindert, also bei doppeltem Volumen die Vibrationsweite doppelt und die Schwingungszahl halb so groſs. Die Folge davon ist, daſs auch die Spannung nach auſsen nur halb so groſs wird. In ähnlicher Weise läſst sich auch, wie Hooke bemerkt,[1] *mutatis mutandis* die Elasticität jedes andern Körpers erklären.

Bei diesen Ansichten Hookes über die Vibration der Teilchen als einer allgemeinen Eigenschaft aller Materie ist es naturgemäſs, daſs er auch die Wärme als Bewegung der Körperteilchen und das Licht als eine Schwingung der Ätherteilchen ansah, wobei er sogar gelegentlich (1672) aussprach, daſs die Richtung der Schwingungen auf der Fortpflanzungsrichtung des Strahls senkrecht stehe.[2]

Die Hookeschen Vibrationstheorie beansprucht eine Stelle unter den selbständigen und originalen Gedanken, welche zur Vollendung der Korpuskulartheorie gehören. Sie ist zunächst der Ausdruck eines rein kinetischen Begriffs der Materie. Es gibt nur Körper und Bewegung, und beide können sich gegenseitig in gewisser Hinsicht ersetzen. Soweit sich diese Ergänzung nur auf die mechanische Wirkung bezieht, haben wir darin den cartesischen Gedanken der Bewegungsgröſse. Aber der Sinn dieses gegenseitigen Ersatzes wird bei Hooke ein ganz andrer; nicht nur die mechanische Wirkung, auch die Raumerfüllung wird von der Bewegung abhängig gemacht. Der Körper erfüllt den Raum nicht durch seine bloſse Existenz als

[1] A. a. O. Vgl. auch Tait, *D. Eigensch. d. Mat.* S. 276—278.
[2] Poggendorff, *Gesch. d. Phys.* S. 587.

ausgedehnte Substanz, sondern wesentlich insofern er bewegt ist. Die körperliche Masse dient nur als das Substrat der Bewegung, als das unbekannte Etwas, welches die Bewegung übermittelt und trägt. Für die sinnliche Wahrnehmung ist es gar nicht zu unterscheiden, was in der Empfindung der Körpersubstanz und was der Bewegung zukommt; alle Eigenschaften hängen an der Bewegung. Und so erhebt sich HOOKE bis zu der Bemerkung, dafs Körper und Bewegung vielleicht nur verschiedene Auffassungen einer und derselben Essenz sind. Dies ist der bahnbrechende Schritt zur reinen Kinetik, zur Überführung der Materie in kinetische Energie. HOOKE aber vermeidet den Fehler, die substanziellen Teile völlig unbestimmt zu lassen. Das Unveränderliche an jedem materiellen Teilchen ist seine Bewegungsempfänglichkeit, welche an seiner Gröfse, und, wie man wohl annehmen darf, an seiner Gestalt haftet. Hier ist ein substanzielles Fundament gegeben, eine feste Bestimmung zur Individualisierung der Materie, und doch zugleich ein Mittel, die Veränderlichkeit der Bewegung nach bestimmten Gesetzen zu ermöglichen. HOOKE befreit dadurch die Materie von dem bis dahin unüberwindlichen Dilemma, entweder starre Atome anzunehmen, für welche es an der Variabilität der Ausdehnung und Bewegungsübertragung fehlt, oder zur Fluiditätstheorie überzugehen, welche die Identität der materiellen Einheiten aufhebt.

Die Teilchen sind durch ihre Individualität zu bestimmten Bewegungen disponiert, während sie für andre unzugänglich sind. Das scheint die Vermittelung eines gesetzlichen Austausches der Bewegung erklären zu können. Und sie erfüllen den Raum nicht durch ihre Ausdehnung, sondern durch die gröfsere oder geringere Weite ihrer Schwingungen. Das ermöglicht für ein und dasselbe Teilchen eine Veränderlichkeit der Raumerfüllung. Damit ist mit einem Schlage die schwierige Frage nach der Verdichtung und Verdünnung der Materie gelöst. Man kann die Partikeln als einen verschieden grofsen Raum ausfüllend betrachten, ohne die unmögliche Vorstellung eines Wechsels der substanziellen Ausdehnung vollziehen zu müssen. Zugleich besitzen diese Vibrationsatome eine elastische Kraft, eine innere Energie, mit welcher sie nicht nur ihren Raum behaupten und verteidigen, sondern auch soviel Raum

zu erobern suchen, als ihnen die Gegenwirkung der Umgebung gestattet. Dies ermöglicht Hooke für die Spannung der Luft eine Theorie aufzustellen, welche im Resultate der modernen kinetischen Gastheorie scheinbar sehr nahe kommt, indem sie den Druck von der Häufigkeit der Stöſse abhängig macht. Indessen darf man bei diesem Vergleich nicht vergessen, daſs es sich bei Hooke um selbständige, durch die Natur der Korpuskeln bestimmte Schwingungen handelt, daſs also seine veränderliche Schwingungsweite der Luftteilchen etwas ganz andres ist als die moderne mittlere Weglänge. Die Schwingungsweite ist allerdings vom vorhandenen Raume, d. h. vom äuſsern Druck, abhängig, aber sie ist dieselbe für jedes Luftteilchen; während die Weglänge und die Zahl der Stöſse in der modernen Theorie nicht am einzelnen Teilchen haften, sondern für jedes Teilchen fortwährend wechseln, und die mittlere Weglänge nur eine mathematische Fiktion aus dem Gesamtverhalten des Gases bezeichnet. Insofern darf man die Hookesche Theorie nicht mit den kinetischen Theorien der Gase zusammenstellen.

Es ist nun der groſse Vorteil der Hookeschen Theorie, daſs sie die Korpuskulartheorie von den Hypothesen über die Gestalt der Korpuskeln befreit und an Stelle derselben schwingende Bewegungen setzt, welche die Möglichkeit einer mathematischen Darstellbarkeit nicht ganz aussichtslos erscheinen lassen. Hier wäre der Weg gewesen, die Korpuskulartheorie fruchtbringend weiter zu führen, wie es denn auch Huygens wenigstens nach einer Seite hin versuchte.

Die groſse Verwandtschaft der Vibrationstheorie mit modernen Vorstellungen liegt auf der Hand. Das Gesetz von der Beziehung zwischen Absorption und Emission des Lichtes und der strahlenden Wärme hängt ja eng mit der Vorstellung von der Übereinstimmung der Schwingungsweise der Äther- und Körpermolekeln zusammen und wird auch am einfachsten durch den Vergleich mit den Schwingungen konsonierender Körper verdeutlicht, wie ihn bereits Hooke angewendet hat. Der Erreger und Regulator aller der unablässigen Schwingungen, welche die Körperwelt darstellen, ist der Äther, und die Schwingungen dieses Äthers tragen unter dem Namen des Lichtes und der Wärme die Energie von Weltkörper zu Weltkörper. Somit bietet sich eine reiche Gelegenheit, in der späteren Entwickelung der Physik

HOOKEsche Gedanken wiederzufinden. Er hat in der That eine Vorstellung anticipiert, auf welche die Molekularphysik zurückkommen mufste. Aber er hat sie eben nur anticipiert und war nicht in der Lage, weitere Folgen daraus zu ziehen und mehr als eine sinnliche Veranschaulichung gewisser Erscheinungen zu geben. Hätte es auch nicht in HOOKES Art zu arbeiten gelegen, Fragen mehr anzuregen und Gedanken hinzuwerfen, als sie systematisch durchzuführen, er wäre doch mit seiner Theorie über den Wert eines geistreichen und anregenden Aperçus nicht hinausgelangt, das die ihm innewohnende wissenschaftliche Bedeutung erst in viel späterer Zeit erreichen konnte. Dazu fehlten zunächst, was selbst HUYGENS hinderte, die analytischen Mittel des Calcüls. Es fehlte aber auch dasjenige, was erst HUYGENS zu begründen vermochte, nämlich die Prinzipien der Mechanik, welche allein der Vibrationstheorie das begriffliche Fundament thatsächlich geben konnten, das sie bei HOOKE nur scheinbar besafs.

Gewifs war es ein wesentlicher Fortschritt, in der Energie der schwingenden Bewegung zugleich die Raumerfüllung und die Übertragung der Bewegung, die Ordnung und Gesetzlichkeit, die gegenseitige Einschränkung der Vibrationen und Bewegungen zu begründen. Wie jedoch war diese Mitteilung der Bewegung möglich? Bei HOOKE wird sie als vorhanden vorausgesetzt, und bei dieser Veranschaulichung bleibt es. Aber nach welchem Gesetz findet die Übertragung statt? Nach welchem Mafse mifst sich die Energie der Schwingung und die Gröfse der Kraft, mit welcher sie die Nachbarschwingung einengt oder sich mit ihr zusammensetzt? Und wenn wir die Gesamtenergie des Weltalls in der Agitation des Äthers denken, so bleibt immer die Frage, worauf gründet sich die Erhaltung und Mitteilung der Bewegung seiner Teilchen? Schliefslich ist es doch der Zusammenstofs der körperlichen Partikeln, welcher ihre Schwingungen begrenzt. Undurchdringliche körperliche Teilchen bleiben übrig, die sich gegenseitig treffen und dadurch die Vibrationen fortpflanzen; denn die Umkehr der Bewegung und das Zurückschwingen ist nicht anders als durch den Stofs zu erklären. In diesem letzten Betracht sind wir also wieder bei derselben unauflöslichen Frage angekommen, an welcher GASSENDI wie BORELLI stehen blieben. Wären die Schwingungen den

Teilchen inhärent als eine eigentümliche Daseinsäufserung, so wäre das die Annahme eines unerklärlichen Vorgangs, eine innere, lebendige Agitation der Materie; aber das sollen sie bei HOOKE auch gar nicht sein, sie werden von aufsen übertragen. Und hier mufs ein Gesetz der Wechselwirkung eintreten, ohne welches jede kinetische Atomistik sich in ein unbestimmtes Spiel zusammenhangsloser Teile auflöst. Daher dürfen wir auch die Vibrationstheorie HOOKES nur als ein verlockendes Luftschlofs auffassen, das wohl dazu beitragen mag, die Anstrengungen zur Besitznahme zu befördern, das aber den festen Unterbau auf wissenschaftlichem Boden erst in der Zukunft empfangen konnte.

Die Vibrationstheorie HOOKES steht in engem Zusammenhange mit der Undulationstheorie des Lichtes. Der erste, welcher eine solche aufstellte, ist bekanntlich der Jesuit FRANCESCO MARIA GRIMALDI [1] (1618—1663), der durch die Entdeckung der Diffraktion und Interferenz um die Optik hohe Verdienste besitzt. Beide Erscheinungen sind wesentliche Stützen der Undulationshypothese und sind auch für GRIMALDI ohne Zweifel die Veranlassung für seine undulatorische Auffassung der Lichtbewegung gewesen.[2] Er vergleicht das Licht und seine Bewegung durchaus mit einer Flüssigkeit und ihren Eigenschaften,[3] jedoch denkt er sich die Teilchen des Lichtfluidums selbst fortfliefsend, dabei aber oscillatorisch bewegt, so dafs sie Spirallinien beschreiben und bald schneller, bald langsamer fortrücken.[4] Er hatte dabei entschieden korpuskulare Vorstellungen und spricht oft von Poren und kleinen Partikeln, auch hielt er das Licht für eine Substanz.[5] Porosität und substanzielle Effluvien

[1] *Physico mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis libri duo.* In quorum Primo asseruntur Nova Experimenta, et Rationes ab iis deductae pro Substantialitate Luminis. In Secundo autem dissolvuntur Argumenta in Primo adducta, et probabiliter sustineri posse docetur Sententia Peripatetica de Accidentalitate Luminis .... Autore P. FRANCISCO MARIA GRIMALDO S. J. Opus Posthumum. Bononiae 1665. — Vgl. auch GOETHE, *Mat. z. Gesch. d. Farb.* S. 545 f.

[2] *De lum.* I pr. 24 p. 196 u. a. Die Hauptstellen für die Undulationstheorie finden sich I pr. 2 num. 15 p. 17 ff., pr. 24 num. 5 p. 197, pr. 43 p. 341 ff.

[3] A. a. O. I pr. 2 p. 12 ff.

[4] A. a. O. Pr. 43 num. 3 ff. p. 342. — [5] A. a. O. p. 173.

hält er für notwendige Annahmen,[1] aber alle diese Ansichten scheinen ihm aus Rücksichten auf die aristotelische Lehre bedenklich, und er sucht daher — äufserst bezeichnend — im zweiten Buche seines Werkes nachzuweisen, dafs alles, was er im ersten höchst überzeugend vorgetragen hat, doch sehr zweifelhaft sei, und ganz besonders verwahrt er sich dagegen, als Anhänger der Atomistik betrachtet zu werden.[2] Seine wissenschaftliche Überzeugung ist jedenfalls im ersten Buche zu finden. Die Brechung erklärt er dadurch, dafs die Materie des Lichtstrahls, den er als ein sehr dünnes Prisma denkt, sich in den engeren Poren des dichteren Mediums zum Fortkommen seitlich mehr ausbreiten müsse; infolgedessen füllt dieselbe Lichtmenge einen dickeren Strahl aus, und da die Grundflächen der Prismen, welche an der Grenze der Mittel zusammenliegen, gleich sein müssen, so kann die gröfsere Dicke nur dadurch erzielt werden, dafs der gebrochene Strahl sich dem Einfallslote mehr zuneigt.[3]

Die Undulationstheorie des Lichtes wird aufgenommen von dem Ordensbruder GRIMALDIS, IGNACE GASTON PARDIES (1636 bis 1673), welcher in seinem Briefwechsel mit NEWTON die Dispersion des Lichtes als eine Diffraktion mit Hilfe der Annahme zu erklären suchte, dafs die Fortpflanzung des Lichtes auf einer Wellenbewegung beruhe,[4] später jedoch, von NEWTON belehrt, seinen Irrtum zurückzog (9. Juli 1672).[5] Er bezieht sich auf die Wellenhypothesen von GRIMALDI und HOOKE und meint, dafs sie der seinigen ähnlich seien, welche er im *6. Discours* seiner Mechanik aufstelle. Er wollte ein grofses Werk über Mechanik (*un corps de Mécanique*) nach dem Vorgange von PAPPUS schreiben, von welchem jedoch nur der *1.* und *2. Discours* (*du mouvement local*[6] und *la statique ou la science des forces mouvantes*[7]) erschienen sind. Der *5. Discours* sollte über die Bewegung der Vibrationen, der *6.* über diejenige der Undulationen handeln und die Fortpflanzung des Lichtes sowie die Entstehung der Farben auf eine allgemeine Wellenlehre und die Wellenbewegung des Äthers gründen. PARDIES starb indessen schon 1673,

[1] A. a. O. p. 534. — [2] A. a. O. II pr. 6. p. 533 f.
[3] A. a. O. I p. 180. — [4] *Philos. Trans.* 1672. p. 5012.
[5] A. a. O. p. 5018. — [6] Zuerst Paris 1670. — [7] Zuerst Paris 1673.

in demselben Jahre, in welchem seine Statik erschien, deren Vorrede jenen Plan entwickelt.[1]

Ihren wirksamen Einfluſs auf die Entwickelung der theoretischen Physik und der Atomistik erhielt die Vibrationstheorie erst infolge ihrer Aufnahme durch HUYGENS zur Begründung der Optik.[2]

Sechster Abschnitt.

Huygens.

1. Die Theorie des Äthers.

A. Die Gravitation.

CHRISTIAAN HUYGENS (1629—1695) bezeichnet durch seine Arbeiten den Höhepunkt der Korpuskulartheorie, bevor sie durch Verschmelzung mit dynamischen Vorstellungen von der Materie den Charakter der reinen Kinetik verliert. Zwei geniale Anwendungen sind es, welche er von der Korpuskularphysik macht, die Theorie des Lichtes und die Theorie der Schwere. In beiden war NEWTON sein ausgesprochener Gegner, und beide Theorien wurden durch NEWTONS auſserordentliche Erfolge vorläufig verdrängt, zum Teil vergessen. Die Undulationstheorie des Lichtes ist indessen, in angemessener Weise modifiziert, zur allgemeinen Anerkennung gelangt und ein unbestrittenes Besitztum der Wissenschaft geworden; für die mechanische Theorie der Schwere steht dieser Erfolg noch aus.

HUYGENS ist ein Schüler DESCARTES', dessen Wirbeltheorie auf seine Ansichten von nachhaltigem Einflusse gewesen ist. Aber der Atombegriff, welchen er zu Grunde legt, ist derjenige GASSENDIS, das im leeren Raume frei bewegliche, durch seine Solidität als substanzielles Individuum gesicherte Atom.

---

[1] *Oeuvres de mathématiques* etc. 4. Ed. A la Haye 1710. *La Statique*, Préface p. 123—126.

[2] Über die Vibrationstheorie von MALEBRANCHE s. II S. 426.

Die Vorrede zu seiner Abhandlung über die Ursache der Schwere[1] ist so charakteristisch für HUYGENS' Stellung zur Theorie der Materie, dafs wir sie unverkürzt hier wiedergeben.

„Die Wege, welche die Natur beim Fall der sogenannten schweren Körper gegen die Erde verfolgt, sind so dunkel und verschlungen, dafs auch der angestrengteste Fleifs ihren Sinn nicht zu entdecken vermag. Dieser Umstand hat die Philosophen gezwungen, die Ursache jener merkwürdigen Erscheinung allein in den Körpern selbst zu suchen und sie irgend einer ihnen innerlich anhaftenden Eigenschaft zuzuschreiben, welche die Körper nach unten und gegen den Erdmittelpunkt antreibe, oder einer Art von Verlangen der Teile, sich dem Ganzen zu vereinen. Das aber hiefs nicht Ursachen klarstellen, sondern dunkle und von niemand verstandene Prinzipien aufstellen. Dies mochte verzeihlich sein für solche, die für gewöhnlich mit derartigen Lösungen zufrieden gestellt waren, nicht aber für DEMOKRIT und seine Schule, welche, während sie sonst alles allein von den Atomen abzuleiten unternommen hatten, lediglich die Schwere an die irdischen Körper und die Atome selbst knüpften und ihren möglichen Ursprung ununtersucht liefsen. Dagegen haben viele von den heutigen Autoren und Begründern der Philosophie sich dahin ausgesprochen, dafs irgend etwas aufserhalb der Körper anzunehmen sei, woraus die an den Körpern bemerklichen Anziehungen und Abstofsungen entspringen; aber in die Ursachen sind sie auch nicht viel tiefer eingedrungen, als jene älteren Naturphilosophen. Die einen nämlich nahmen ihre Zuflucht zu irgend einer feinen und schweren Luftart, welche die Körper drücken und somit zum Herabfallen zwingen solle; (das aber heifst nichts anderes, als die Schwere schon voraussetzen; auch widerspricht es den Gesetzen der Mechanik, dafs eine flüssige und schwere Materie die Körper, welche sie umgibt, nach unten treiben solle, da sie dieselben im Gegenteil nach oben treiben müfste, vorausgesetzt dafs diese an sich selbst kein eigenes Gewicht haben, gleichwie das Wasser eine leere Flasche, die man darin untertaucht, emporhebt). Die andern kamen gar auf *Spiritus* zurück, oder auf immaterielle Emanationen; dies aber brachte auch kein Licht in die Sache, sintemalen wir nicht begreifen können, wieso irgend etwas Immaterielles eine körperliche Substanz zu bewegen imstande sein soll.

Besser als alle andern vor ihm hat DESCARTES eingesehen, dafs es in der Physik überhaupt keine Erkenntnis gibt aufser durch Bezug auf solche Prinzipien, welche das menschliche Begriffsvermögen nicht übersteigen; und das sind diejenigen, welche abhängen einerseits von den Körpern, insofern man sie ohne jede Qualitäten betrachtet, andrerseits von den Bewegungen dieser Körper. Aber infolge der grofsen Schwierigkeit, welche darin lag, aus diesen Prinzipien allein die Fülle und Mannigfaltigkeit der Dinge abzuleiten und aufzuzeigen, ist ihm der Erfolg in den meisten Fragen, deren Prüfung er unternahm, recht ungünstig gewesen, und ganz besonders — meines Erachtens

[1] *Dissertatio de causa gravitatis* *Opera reliqua* I p. 95, 96. Amstelodami 1728.

wenigstens — beim Problem der Gravitation. Dies wird sich aus den Bemerkungen ergeben, die ich zu seinen Schriften betreffenden Orts gemacht habe, wo ich übrigens auch auf noch mehr hätte aufmerksam machen können. Indessen mufs ich gestehen, dafs mir seine — freilich unglücklichen — Versuche den Weg zu meinen eigenen Entdeckungen erschlossen haben.

Die vorliegende Veröffentlichung betrachte ich jedoch durchaus nicht als allen Zweifels bar, und allen Bedenken enthoben; dahin zu gelangen ist bei derartigen Untersuchungen viel zu schwer. Dennoch möchte ich glauben, dafs, wenn die grundlegende Hypothese, deren ich mich bediene, nicht richtig ist, nur wenig Hoffnung bleiben wird, eine richtige aufzufinden, so lange wir innerhalb der Grenzen einer wahren und gesunden Philosophie uns halten wollen.

Was ich hier vortrage, wird, soweit es sich allein auf die Ursache der Schwere bezieht, denjenigen Lesern nicht neu erscheinen, welche die Physik von ROHAULT kennen, weil daselbst fast meine ganze Theorie beschrieben wird. Dieser Philosoph hielt, wie er selbst frei gesteht, nachdem er mein Experiment über die Wirbelbewegung des Wassers gesehen und meine Anpassung desselben an die Gravitationstheorie vernommen hatte, meine Meinung für so wahrscheinlich, dafs er ihr zu folgen beschlofs. Da er jedoch meinen Ansichten cartesianische und eigene beimischt und vieles zur Sache Gehörige übergeht, wovon er auch einiges nicht wissen konnte, so habe ich mich meine eigene Behandlungsweise des Gegenstandes darzustellen entschlossen."

Da es die Theorien der Schwere und des Lichtes sind, welche für HUYGENS das Motiv bilden, der Theorie der Materie näher zu treten, so liegt sein Ausgangspunkt naturgemäfs in Feststellungen über die Konstitution der materiellen Träger jener Erscheinungen, d. h. in Hypothesen über die Beschaffenheit des Äthers. Es gibt in der Natur keine andern Körper als diejenigen, welche aus ein und derselben Materie bestehen, und es darf bei der Erklärung der Naturerscheinungen keine andre Annahme gemacht werden, als eben die Existenz dieser Körper, ihre verschiedenen Gröfsen, Gestalten und Bewegungen, aber nicht etwa irgend eine innere Neigung derselben zur gegenseitigen Annäherung. „Da die Schwere ein gewisses Streben oder Neigung zur Bewegung ist, mufs sie wahrscheinlich auch aus irgend einer Bewegung entspringen."[1] Man wird also die Gröfse und Gestalt der Körper und ihre Bewegungen so zu definieren haben, dafs daraus die Schwere, sowie alle übrigen physischen Phänomene hergeleitet werden können.

---

[1] *De grav.* p. 97.

Man ist nun gänzlich unbeschränkt in der Annahme beliebig kleiner Teile der Materie. Wenn uns auch die kaum sichtbaren Körper schon so fein wie möglich scheinen, so lehrt uns doch das Denken, dafs ein solch kleines Sandkörnchen sich zu einem andren immer noch verhalten kann, wie ein Berg zu ersterem, das zweite ebenso zu einem dritten, und so fort, soweit man will.[1] Eine grofse Reihe von Naturerscheinungen weisen darauf hin, dafs man eine aus sehr kleinen und äufserst schnell bewegten Teilchen bestehende Materie anzunehmen hat. Auf der Wirkung dieser lebhaften Agitation dürfte die Flüssigkeit des Wassers,[2] die Wirkung des Pulvers, die Elasticität der Körper, auch die Muskelkraft der Tiere, resp. die Fermentation des Blutes, wovon jene abhängt, beruhen, überhaupt alle diejenigen Wirkungen, welche wir heut Auslösungserscheinungen nennen. Hier tritt überall eine Kraft hervor, von der man nicht weifs, woher sie kommt, und da Kraft doch immer nur von aufsen aus der Bewegung der Materie herstammen kann, so mufs man einen derartigen äufseren Motor annehmen.[3] Von allen diesen Materien dürfte nun aber jedenfalls diejenige die kleinsten Teile besitzen, welche die Schwere der Körper bewirkt; denn diese mufs alle Körper, auch die festesten, mit derselben Leichtigkeit wie die Luft durchdringen.[4]

Wir betrachten zunächst die Huygenssche Gravitationstheorie.

Abgesehen von jener Eigenschaft, welche man Schwere nennt, haben die Körper von Natur entweder eine geradlinige oder eine kreisförmige Bewegung. Die erstere kommt ihnen zu, sobald sie sich ohne jedes Hindernis bewegen, die zweite, sobald sie um irgend ein Zentrum herum zurückgehalten werden, oder um ihren eigenen Mittelpunkt rotieren. Wir kennen nunmehr einigermafsen die Gesetze der geradlinigen Bewegung und ihrer gegenseitigen Mitteilung beim Zusammentreffen der Körper; aber solange wir nur diese Bewegungsart und die daraus resultierenden Reflexionen berücksichtigen, bemerken wir keinerlei Ursache eines Antriebes nach dem Zentrum hin. Es bleibt also nichts übrig, als zu untersuchen, wie die Eigenschaften

---

[1] *De grav.* p. 105. — [2] *De lumine. Op. reliqua* I p. 24.
[3] *De grav.* p. 109. — [4] *De grav.* p. 105.

der kreisförmigen Bewegung zur Erklärung der Schwere dienen können.[1] Hierbei ist folgender von HUYGENS angestellte Versuch wegweisend. Ein allseitig geschlossenes cylindrisches Glasgefäfs von 8 bis 10 Zoll Durchmesser und etwa halb so hoch, mit weifsem und glattem Boden, war mit Wasser gefüllt, in welchem sich kleine Siegellackstückchen befanden, die etwas schwerer als Wasser waren und daher zu Boden sanken. Auf die Rotationsmaschine gebracht, begaben sich die Siegellackteilchen ihrer gröfseren Centrifugalkraft wegen an den Rand. Sobald aber das Gefäfs angehalten und dadurch infolge der Reibung am Boden auch die Bewegung der Lackteilchen verzögert wurde, während das Wasser weiter rotierte, wurden dieselben nach der Mitte hingedrängt. „Dies liefs mich die Wirkung der Schwere sehen". Da die Teilchen der Bewegung des Wassers noch einigermafsen folgen konnten, gingen sie in Spiralen nach der Mitte. Ein Körper, der sich nur radial bewegen kann, z. B. eine Kugel zwischen gespannten Fäden, würde jedoch direkt nach dem Zentrum hin sich bewegen. Derselbe Effekt würde eintreten, wenn der Körper dasselbe spezifische Gewicht wie das Wasser hätte, „so dafs ohne jeden Unterschied der Schwere der Körper, welche sich im Gefäfse befinden, die Bewegung allein hier die Wirkung der Schwere hervorbringt."[2]

Ein Zusammenhang der Schwerkraft mit den bei der Rotation auftretenden Kräften wurde bereits von DESCARTES vermutet; jedoch sind seine Aufstellungen aus verschiedenen Gründen nicht haltbar. Es mufs befremden, dafs bei ihm die weniger dichten Körper nach der Mitte getrieben werden, woraus man schliefsen müfste, dafs gerade diejenigen Körper die schwereren seien, welche weniger Materie enthalten.[3] Ferner müfste eine so schnelle Rotation des Äthers um die Erde angenommen werden, dafs, bei der Einseitigkeit derselben, vermutlich die Körper an der Erdoberfläche mitgerissen würden, im besten Falle aber doch nur die Gravitation nach der

---

[1] *De grav.* p. 97, 98.

[2] *De grav.* p. 99, 100. Man sieht, dafs der HUYGENSsche Versuch ein ganz andrer ist als derjenige, welchen MACH ihm zuschreibt (*Mechanik* S. 149, 150) und FERD. AUG. MÜLLER reproduciert (*Kontinuität* S. 18).

[3] Vgl. die Theorie der Dichtigkeit bei DESCARTES, II S. 69 ff.

Axe und nicht nach dem Zentrum der Erde erklärt sein würde.[1]

„Um die Schwerkraft, wie ich sie auffasse, zu erklären, nehme ich an, dafs es in einem kugelförmigen Raume, welcher die Erde und die sie umfliefsenden Körper enthält, nach allen Seiten bis zu einem grofsen Abstande eine gewisse flüssige Materie gebe, welche aus den feinsten Teilchen besteht, und in mannigfaltiger und äufserst schneller Weise nach jeder Richtung sich umtreibt (in omnem partem agitetur). Da dieselbe jenen Raum, welchen andre Körper umgeben, nicht verlassen kann, so behaupte ich, dafs ihre Bewegung zum Teil kreisförmig um das Zentrum erfolgen mufs, aber nicht derart, dafs sie als ein ganzes in derselben Richtung rotiert, sondern nur so, dafs die Mehrzahl der mannigfaltigen Bewegungen derselben auf Kugelflächen stattfinden, welche ein und denselben Mittelpunkt mit jenem Raum besitzen, wodurch dieser eben zum Zentrum der Erde wird. Die Ursache der kreisförmigen Bewegung liegt aber darin, dafs sie in dem geschlossenen Raume leichter stattfindet, als wenn die Materie sich geradlinig in entgegengesetzten Richtungen bewegte, und aus der letzteren durch wechselseitige Reflexion schliefslich hervorgehen mufs.“[2]

Es scheint zwar, dafs diese kreisförmigen Bewegungen in demselben Raume bei ihrer grofsen Menge und Mannigfaltigkeit sich begegnen und hindern müfsten; indessen ist die Materie durch ihre grofse Beweglichkeit und die Kleinheit ihrer Teile, welche keine Einbildungskraft erreichen kann, imstande, die Verschiedenheit jener Agitationen leicht zu ertragen. Ihre Flüssigkeit ist bei weitem gröfser als diejenige des Wassers. Ihre Teilchen, die ja selbst keine Schwere besitzen, bewegen sich frei nach allen Seiten und empfangen sehr leicht verschiedene Antriebe von den verschiedenen gegenseitigen Begegnungen, sowie auch durch den Anstofs, selbst den leisesten, andrer Körper; ohne dies könnte z. B. die Luft nicht so leicht jeder Handbewegung ausweichen, wie es erfahrungsgemäfs geschieht. So vielfach und häufig daher auch die Unterbrechungen und Abänderungen der kreisförmigen Bewegungen jenes Fluidums

[1] *De grav.* p. 100, 101. — [2] *De grav.* p. 101, 102.

sein mögen, so wird doch bei weitem die Mehrzahl der Teile auf ihrem Wege beharren, statt abgelenkt zu werden; und das ist für unsren Zweck ausreichend.

Wenn sich daher unter den Teilchen jenes Fluidums dickere oder aus mehreren zusammengesetzte Teilchen befinden, welche der reifsenden Bewegung desselben nicht folgen, werden diese notwendig gegen das Zentrum gedrängt werden und daselbst die Erde bilden. Die Schwere aber besteht wahrscheinlich in nichts andrem als in dem Bestreben (Conatus) jener nach allen Richtungen um das Zentrum rotierenden Materie, von jenem Zentrum sich zu entfernen, wodurch sie diejenigen Körper, welche dieser Bewegung nicht folgen, dahin treibt. Dafs aber die Körper der seitlichen Bewegung des Fluidums in keiner Weise folgen, beruht darauf, dafs die aufserordentlich schnell von allen Seiten erfolgenden Anstöfse sich gegenseitig aufheben. Die Körper können sich daher nur radial bewegen.[1]

Neben diesem Fluidum wird der uns umgebende Raum, und zwar zu seinem gröfsten Teile, auch noch von andern Materien erfüllt, die aus dickeren Partikeln bestehen. Dies sind zunächst die Partikeln der Luft. Aufser diesen aber mufs es noch eine andre Materie geben, deren Teilchen feiner sind als diejenigen der Luft, jedoch gröfser als die des Gravitationsfluidums.[2] Die Existenz derselben folgt aus den Versuchen unter der Luftpumpe, wo sie Erscheinungen hervorruft, wie sonst die Luft, welche doch hier ausgeschlossen ist. Ihre Teilchen müssen daher das Glas des Rezipienten durchdringen können.

Jener feinen Materie, welche zwischen Luft und Gravitationsfluidum in der Mitte steht, bedarf Huygens noch zu einem andren Zwecke, nämlich um durch ihren Druck die Festigkeit der Körper zu erklären. Die von ihm entdeckte Adhäsionserscheinung von Wasser und Quecksilber an Glas, wenn erstere völlig von Luft befreit sind, gilt ihm daher als eine Hauptstütze seiner kinetischen Theorie. Der Versuch be-

[1] *De grav.* p. 102—104.
[2] *De grav.* p. 104.

stand darin, dafs völlig luftfreies Wasser in einer unten offenen Röhre im Vacuum hängen blieb.[1]

Die aufserordentliche Kleinheit der Teilchen des die Schwere verursachenden Fluidums ist für die Theorie unerläfslich, da die Schwere der Körper sich durch den Einschlufs in irgend ein Gefäfs nicht ändert; es mufs also vorausgesetzt werden, dafs die Teilchen des Fluidums ungehindert durch die Poren aller Körper, wie z. B. Glas und Metall, hindurchdringen. Dieselbe Voraussetzung ist aber auch nötig, um zu erklären, warum Körper von gleichem äufseren Volumen doch verschiedenes Gewicht haben können; denn es scheint zunächst als müsse nach der kinetischen Hypothese eine Hohlkugel von Glas eben so schwer sein wie eine Vollkugel, indem ja das Gewicht eines Körpers bestimmt ist durch die Quantität der fluiden Materie, welche an seine Stelle im Raume aufsteigt. Das Fluidum durchdringt also leicht alle Poren, nicht aber die Körperteilchen selbst. Demnach hängt das spezifische Gewicht der Körper lediglich ab von der Gröfse des Raumes, welcher durch die Korpuskeln des betreffenden Körpers wirklich und mit voller Solidität ausgefüllt wird, also abzüglich der zwischen diesen befindlichen Poren. Die Schwere ist genau proportional der Menge der Materie, welche der Körper enthält.

Der Beweis dieses Satzes ist grundlegend für die kinetische Theorie, weil er die Gleichheit der Masse zurückführt auf die Gleichheit der Bewegungswirkung. Wenn zwei Körper auf horizontaler Unterlage sich begegnen, so kann ihr gegenseitiger Widerstand nicht herrühren von ihrer Gravitation

[1] *Tract. de Lumine* p. 22, 23. Pressionis autem exterioris minima intelligenda est pressio aëris, quae non sufficeret, sed alia quaedam materiae alicujus subtilioris, quae pressio se manifestat in certa experientia quam fortuna mihi jam dudum obtulit; scilicet in aqua aëre expurgata, quae suspensa manet in tubo vitreo, cujus foramen inferius patet, licet eductus sit aër vasculo, in quo includitur tubus. — Huygens stellte den Versuch Ende Dezember 1661 an, wiederholte ihn vor der Royal Society in London 1663, worauf ihn Boyle mit Quecksilber nachahmte. *Experimenta physica*, in *Op. varia*, Lugd. Bat. 1724, p. 770, 771. Hiernach ist die aus Poggendorff entnommene Notiz bei Heller (II S. 201) zu ergänzen. — Es ist offenbar der Huygenssche Versuch, über welchen Oldenburg ausführlich an Spinoza unterm 31. Juli 1663 berichtete (Spin. *Op.* ed. Bruder II p. 176 f. *Ep.* X. Kirchmann, *Briefw.* S. 40).

gegen die Erde, da ja diese für beide aufgehoben ist. Die Erfahrung lehrt nun, dafs, wenn zwei Körper mit gleicher Geschwindigkeit sich begegnen, sie entweder gleich stark zurückspringen oder zur Ruhe kommen, je nachdem sie hart oder weich sind, sobald sie das gleiche Gewicht besitzen. Da in diesem Falle die Menge der Materie das einzige ist, was die Körper noch unterscheiden könnte, ein solcher Unterschied sich aber im Verhalten der Körper beim Stofse nicht zeigt, so mufs man schliefsen, dafs Körper von gleichem Gewicht die gleiche Menge an Materie enthalten, d. h. dafs die Gleichheit der Materie die Ursache ihres gleichen Verhaltens beim Stofse und demnach identisch mit der erfahrungsmäfsigen Gleichheit ihres Gewichtes sei.[1]

DESCARTES beging den Fehler, dafs er den freien Durchgang der Materie, welche Ursache der Schwere ist, durch die Körper nicht voraussetzte, indem er annahm, dafs erstere durch die Erde aufgehalten werde und sich infolgedessen von derselben möglichst weit wieder entferne. Daraus würde aber folgen, dafs Körper, in der Erde oder in Metallen etc. eingeschlossen, an Gewicht verlieren müfsten, was der Erfahrung nicht entspricht. Namentlich aber hat DESCARTES die Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums nicht beachtet; er hätte sonst finden müssen, dafs die Geschwindigkeit der Teilchen des Wassers und andrer Flüssigkeiten gar nicht mit derselben zu vergleichen sei. „Ich aber habe aufmerksam den Grad jener Geschwindigkeit untersucht, so dafs ich glaube, ihre Gröfse nahezu angeben zu können.“[2] HUYGENS findet nach dem von ihm entdeckten Gesetze über die Gröfse der Centrifugalkraft, dafs jene Geschwindigkeit mindestens gleich sein mufs derjenigen eines um den Äquator der Erde rotierenden Körpers, dessen Centrifugalkraft gleich ist dem entgegengesetzten Antriebe der Schwere. Ein solcher Körper müfste aber den Äquator in einer Stunde und 24½ Minuten durchlaufen, also 17mal so schnell, als ein Punkt der Erdoberfläche, wobei die Daten der PICARDschen Gradmessung vorausgesetzt sind.

Die Gröfse dieser Geschwindigkeit, welche die einer senkrecht abgeschossenen und dann herabstürzenden Kanonenkugel

[1] *De grav.* p. 106. — [2] *De grav.* p. 108.

vielmals übertrifft, ist nun auch imstande, die von GALILEI entdeckte Beschleunigung der Schwere zu erklären, da der Druck jener Materie auf die fallende Kugel fast ungeändert bleibt, die einzelnen Wirkungen sich somit summieren müssen. Die Beschleunigung würde freilich aufhören, wenn die Geschwindigkeit des fallenden Körpers der des Fluidums nahekäme, aber dies liegt aufserhalb unserer Erfahrung.

„Demnach habe ich aus einer Hypothese, welche nichts Unmögliches einschliefst, erklärt, warum die irdischen Körper nach dem Zentrum streben; warum die Wirkung der Schwere durch Zwischenlagerung andrer Körper nicht gehindert werden kann; warum die innern Teile eines Körpers zu seinem Gesamtgewicht beitragen; endlich warum die Fallgeschwindigkeit proportional der Zeit wächst; und mehr Eigenschaften der Schwere sind bisher nicht beobachtet worden."[1]

Die durch RICHER beobachtete Abnahme der Schwere am Äquator führte HUYGENS bekanntlich auf die Zunahme der Centrifugalkraft zurück.[2]

Nachdem HUYGENS NEWTONS *Philosophiae naturalis principia mathematica* kennen gelernt hatte, fügte er noch einen Anhang[3] seiner Abhandlung hinzu. Er erkennt vollständig die mathematische Ableitung der NEWTONschen Theorie an und gibt ihr gegenüber die Wirbeltheorie DESCARTES' auf. Aber er kann die Hypothese der gegenseitigen Attraktion der Massenteilchen nicht zugeben, weil dieselbe sich weder aus Prinzipien der Mechanik noch aus Gesetzen der Bewegung erklären lasse, er ist vielmehr überzeugt, dafs seine Theorie der irdischen Schwere auf die kosmische übertragbar sei. Schon früher hatte er geglaubt, dafs die Kugelgestalt der Sonne auf die gleiche Ursache wie die der Erde zurückzuführen sei, aber er war noch zu sehr in der cartesischen Vorstellung der Wirbel befangen gewesen, als dafs er die Kraft der Schwere auf so grofse Entfernungen wie die der Planeten von der Sonne auszudehnen gewagt hätte. Nach NEWTONS Entdeckungen mufs dies jedoch geschehen. Er hat daher durchaus nichts gegen die von NEWTON eingeführte Centripetalkraft, nur mufs man sie nicht auf Attraktion, sondern auf eine mechanische Ursache zurückführen, und dies wird vermutlich gelingen, wie es ihm für die

---

[1] *De grav.* p. 110. — [2] *De grav.* p. 111 f. — [3] *Additamentum*, p. 116 ff.

irdische Schwere gelungen ist.[1] Dabei hatte es sich ja gezeigt, dafs die Körper auch dann nach irgend einem Zentrum gravitieren würden, wenn sich daselbst gar keine Masse wie die der Erde befände. Es bleibt jedoch noch eine andre höchst wichtige Eigenschaft der Gravitation zu erklären, nämlich die von Newton entdeckte Abnahme derselben mit dem Quadrate der Entfernung. Wie diese zu begründen ist, darüber äufsert sich Huygens nicht. Er nimmt zwar an, dafs sie sich unmittelbar aus der vorauszusetzenden Geschwindigkeit des Äthers ergebe; jedoch macht er über die Abhängigkeit der letzteren von der Entfernung der rotierenden Materie vom Zentrum keine bestimmte Angabe. Allerdings mufs, wie er in einem Briefe[2] an Leibniz sagt, die Geschwindigkeit der kreisenden Materie gegen das Zentrum hin in einer gewissen Proportion gröfser sein als an den entfernteren Stellen, um die von Newton so sicher gestellte Abnahme der Gravitation mit dem Quadrate der Entfernung zu erklären, und diese Proportion könne er auch leicht bestimmen, „aber ich finde bisher nicht die Ursache dieser Verschiedenheit der Geschwindigkeiten.“ Dies ist also der Grund, weshalb Huygens genauere Angaben unterdrückt; er wollte auch für die Abnahme der Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums vom Zentrum eine mechanische Ursache haben. Aus gleichem Grunde kann er sich nicht für die von Leibniz aufgestellte sogenannte „harmonische Circulation“ erklären, nach welcher die Geschwindigkeiten umgekehrt proportional den Radien sein sollen.[3] Er sagt nur so viel, dafs die Geschwindigkeit nicht konstant ist in der Nähe und Ferne des Zentrums, und dafs im Erdinnern die Geschwindigkeit ebenfalls eine Verminderung durch den Widerstand der Erde erfährt.[4]

Dagegen mufs er im Interesse seiner Theorien der Gravitation und des Lichtes Einspruch erheben gegen die Annahme Newtons, dafs der Himmelsraum mit einer gewissen

---

[1] *De. grav.* p. 121.

[2] Leibniz, *Math. Schriften.* ed. Gerhardt, Bd. II p. 137 (11. Juli 1692).

[3] Leibniz, *Math. Schriften* Bd. VI p. 167.

[4] *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin*, herausgeg. v. Gerland, Berlin 1881. S. 156.

äufserst feinen Materie erfüllt sei. Dadurch würden seine eigenen Theorien gänzlich hinfällig werden.[1]

Die ätherische Materie oder der Ather — diesen Namen gebraucht Huygens nunmehr neben demjenigen der *materia fluida* — kann auf zweierlei Art äufserst dünn sein; entweder, indem seine Teilchen voneinander abstehen und leere Zwischenräume besitzen; oder, indem sie sich zwar berühren, aber so, dafs ihr Zusammenhang nur sehr leicht und mit mehreren leeren Zwischenräumen durchsetzt ist. Das Vacuum will er gern zugeben;[2] es scheint, dafs ohne dasselbe die Bewegung der kleinen Korpuskeln untereinander nicht möglich sei; hierin sei er ganz anderer Meinung als Descartes und glaube nicht, dafs das Wesen des Körpers in der Ausdehnung allein bestehe, sondern dafs eine vollkommene Härte aufserdem als zum Wesen des Körpers gehörig anzunehmen sei, durch welche der Körper undurchdringlich wird und weder zerbrochen, noch verkleinert werden kann. Die erste Art der Beschaffenheit des Äthers (mit Korpuskeln, die sich nicht berühren) scheint Huygens nicht ausreichend über die Möglichkeit der Schwere Rechenschaft zu geben, während sie die Erklärung der grofsen Geschwindigkeit des Lichtes, die nach Roemer 600000 mal gröfser als die des Schalls ist, ganz unmöglich mache.[3] Es dünkt ihm daher wahrscheinlicher, die zweite Hypothese anzunehmen, unter Voraussetzung eines so schwachen Zusammen-

[1] Zwei neuere Einwendungen gegen die Gravitationstheorie von Huygens dürften im wesentlichen auf unvollständiger Benützung der Quellen beruhen. Fritsch (*Progr. d. Realsch. in Königsberg* 1874) wirft Huygens vor, dafs er nichts über die Geschwindigkeiten der einzelnen Ätherteilchen sage. Wir haben oben (S. 349) gesehen, dafs Huygens diese Geschwindigkeit sehr genau in Überlegung gezogen hat, er hat sie für die Oberfläche der Erde am Äquator bestimmt und kennt im übrigen seine Gründe, sich vorläufig noch nicht näher zu äufsern. Isenkrahe (*Das Rätsel der Schwerkraft*, Braunschweig 1879, S. 94, 95) fügt hinzu, dafs für die Bewegung des Körpers im rotierenden Äther seine Gestalt mafsgebend sei, dafs die Beschleunigung nur für Kugeln gelten würde. Darauf würde Huygens einfach erwidern, dafs nichts entgegen stehe, den Atomen der schweren Körper eine passende Gestalt zu erteilen. Denn er hebt wiederholt in *De Lumine* hervor, dafs die Teilchen aller Körper aus lose zusammengefügten Atomen bestehen, zwischen denen der Äther frei circuliert; die Wirkung des letzteren hängt daher nur von der Gestalt dieser Atome ab.

[2] *De gr.* p. 123. Vacuum equidem facile admitto.

[3] *De gr.* p. 123.

hangs der Teilchen, dafs sie trotz ihrer Berührung der Bewegung der Planeten kein Hindernis in den Weg stellen. Zu ihrer leichten Durchdringbarkeit könne ihre lebhafte Agitation viel betragen. Huygens bekennt sich hier noch zu der cartesischen Ansicht, dafs die lebhafte Bewegung der Wasserteilchen die leichte Durchdringbarkeit des Wassers befördere. Bei dieser Konstitution des Äthers scheint es freilich, als ob Newton mit seiner Behauptung recht hätte, der Äther müsse sehr wenig dicht sein, weil er sonst sehr schwer sein würde. Denn da sich die spezifischen Gewichte der Körper verhalten wie die von ihnen materiell erfüllten Räume, und da bei der vorausgesetzten Berührung der Ätherteilchen die Poren nur sehr klein sein können, so würde der Äther den von ihm eingenommenen Raum zum gröfsten Teile absolut erfüllen. Letzteres ist zwar richtig, aber es folgt daraus nicht die Schwere des Äthers. Diese würde nur dann folgen, wenn die Schwere eine inhärente Eigenschaft der Körper wäre. So aber gilt das, was von den Körpern richtig ist, nicht vom Äther. Vielmehr ist es ja eben der Äther, welcher verursacht, dafs die Körper nach Verhältnis ihrer Masse schwer sind, er selbst aber ist überhaupt nicht schwer, sondern strebt infolge seiner rapiden Rotation sich vom Zentrum möglichst zu entfernen.[1]

Aus der nicht völligen Übereinstimmung der Pendelbeobachtung am Äquator mit der astronomisch gewährleisteten Abnahme der Schwere nach dem Quadrate der Entfernung ist Huygens geneigt zu schliefsen, dafs die Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums in unmittelbarer Nähe der Erde sich ein wenig ändere, wie dies im Erdinnern ebenfalls stattzufinden scheine; es würde ja sonst auch die Schwere mit der Annäherung an den Erdmittelpunkt ins Unendliche wachsen müssen.[2]

Die Bestimmungen Newtons über die Gröfse der Gravitation auf der Sonne und den Planeten erregen das besondere Interesse Huygens'. Unter Zugrundelegung einer gröfseren Sonnendistanz als bei Newton findet er die Schwere auf der Oberfläche der Sonne (nicht 12mal, wie dieser, sondern) 26mal so grofs, als auf der Erde. Hieraus folgt, dafs die Geschwindigkeit des Äthers in der Nähe der Sonne 49mal so

[1] *De gr.* p. 125. — [2] *De gr.* p. 128.

grofs ist, als am Äquator der Erde.[1] (Es wäre dies eine Geschwindigkeit von ungefähr 387 Kilometer.) Die Gröfse dieser Geschwindigkeit führte ihn auf den Gedanken, ob nicht vielleicht die aufserordentliche Helligkeit der Sonne ihre Ursache darin habe, indem die Teilchen der Sonne, welche sich in der feineren und heftig bewegten Materie befinden, auf die sie umfliefsenden Partikeln des Äthers stofsen.

Diese Bemerkungen HUYGENS' zum Werke NEWTONS gestatten einen genaueren Einblick in die Vorstellungen, welche er sich vom Äther machte, wenn sie auch noch manches im Dunkeln lassen. Es entsteht die Schwierigkeit, sich die Äthersphären um jeden einzelnen Planeten in ihrer Zusammenwirkung mit der sie umfassenden Äthersphäre der Sonne zu denken. Andrerseits scheint aus ihnen hervorzugehen, dafs er nunmehr den Äther, welcher die Gravitation hervorbringt, als identisch mit dem Äther ansieht, welcher der Träger des Lichtes ist. Wenn er im Gegensatz zu NEWTON die Ätherkorpuskeln als sich gegenseitig berührend aufgefafst wissen will, so geschieht dies, um die grofse Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes zu erklären; und von derselben Materie sagt er, dafs sie selbst nicht schwer sei, weil sie vielmehr die Schwere der übrigen Körper verursache. Hier ist zwischen dem Licht- und dem Schwere-Äther kein Unterschied gemacht. Auch deutet die Stelle, wo er die Stöfse der Teilchen der Sonne gegen die Ätherkorpuskeln als Ursache des Lichtes anspricht, auf die Identität des Äthers mit der *materia fluida* hin, zumal er fortfährt: „Denn wenn die Agitation ebenderselben Materie bei der Bewegung, welche sie hier auf der Erde besitzt, das Leuchten einer Kerzenflamme bewirken kann, um wieviel glänzender wird das Licht sein müssen, das von einer 49mal reissenderen und erregteren Bewegung herrührt.“[1] Indessen könnte man auch hier immer noch annehmen, dafs die Teilchen des Gravitationsfluidums durch Vermittelung der Körperkorpuskeln die Ätherteilchen zu Schwingungen anregen. Meint aber HUYGENS, wie es scheint, dafs die Teilchen des Gravitationsfluidums sich selbst durch den Anstofs an den Körperteilchen in Schwingungen versetzen, so wird man diese sich

[1] *De gr.* p. 129.

hieraus ergebende Identität jenes Fluidums mit dem Lichtäther als eine spätere Modifikation seiner ursprünglichen Hypothese ansehen müssen. Denn in der Gravitationstheorie, welche vor der Hinzufügung des *Additamentum* geschrieben ist, erstreckt sich das Gavitationsfluidum nur bis zu einer gewissen Distanz um die Erde und ist dort von andern Körpern eingeschlossen, also jedenfalls mit dem den ganzen Weltraum erfüllenden Lichtäther noch nicht identisch. Auch ist in der Abhandlung vom Licht die Existenz einer noch feineren, äufserst schnell agitierten Materie zwischen den Teilchen des Lichtäthers besonders vorgesehen.

B. Das Licht.

Die Abhandlung vom Licht, welche über HUYGENS' Theorie der Materie näheren Aufschlufs gibt, hatte er im Jahre 1678 der Pariser Akademie vorgelegt;[1] sie erschien 1690 und enthält die bekannte Undulationstheorie, nach welcher die Ausbreitung des Lichtes auf der Fortpflanzung von Schwingungen der Teilchen beruht. Von jedem leuchtenden Punkte gehen kugelförmige Wellen aus, die sich bis zum Auge fortpflanzen und analog den Schwingungen gedacht werden, welche die Luftteilchen bei der Ausbreitung des Schalls ausführen, nur dafs sie in einem viel feineren und schnelleren Mittel stattfinden. Dieser Äther interessiert uns hier zunächst.

„Es hindert uns nichts," sagt HUYGENS, „zu glauben, dafs die ätherischen Teilchen aus einer Materie bestehen, deren Härte und Elasticität sich der Vollkommenheit nähert, soweit wir wollen; und es ist nicht notwendig hier zu prüfen, worin die Ursache ihrer Elasticität und Härte besteht, weil dies zu weit von unsrem Thema abführen würde. Nur nebenbei sei bemerkt, man kann sich denken, dafs jene ätherischen Teilchen, so klein sie sind, doch noch aus andern Teilchen bestehen, und dafs ihre Elasticität beruhe auf der äufserst schnellen Bewegung irgend einer feinen Materie, welche sie allerseits durchdringt und ihr Gefüge so anordnet, dafs sie jener flüssigen Materie einen offenen und leichten Zugang bietet. Dies stimmt

[1] *De lum.* Praef.

aber überein mit der von DESCARTES angeführten Ursache der Elasticität, nur daſs ich nicht mit ihm Poren in Gestalt runder und hohler Kanäle voraussetze. Auch braucht es niemand absurd oder unmöglich zu erscheinen, da es im Gegenteil sehr glaublich ist, daſs die Natur bei der Hervorbringung so vieler wunderbarer Wirkungen sich eines unendlichen Progresses in der verschiedenen Gröſse und Geschwindigkeit der Korpuskeln bedient."[1]

Diese elastischen Partikeln werden einen etwa erhaltenen Antrieb an die Nachbarteilchen mit groſser, obwohl endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen, wie man dies an dem Versuche mit in einer Reihe aufgehängten elastischen Kugeln sehen kann. Es braucht jedoch deshalb für die Ätherteilchen weder eine regelmäſsige Anordnung, noch eine kugelförmige Gestalt angenommen zu werden.[2] Dagegen scheint die Gleichheit ihrer Gröſse eine notwendige Voraussetzung zu sein, weil sonst nach den Regeln des Stoſses eine ungleichartige Verteilung der Geschwindigkeit erfolgen würde; wenigstens ist diese Gleichheit förderlich für die leichtere und stärkere Fortpflanzung des Lichtes und daher wenigstens im Weltraum wahrscheinlich. Es ist dabei zu beachten, daſs. obwohl man eine fortwährende Bewegung der Ätherteilchen annehmen muſs, die aus vielen Gründen wahrscheinlich ist, diese dennoch die successive Fortpflanzung der Wellen nicht hindern kann, weil diese nicht in einer Translation jener Teilchen, sondern nur in einer leichten Erschütterung besteht, welche sich sehr wohl den Nachbarteilchen mitteilen kann. ohne durch die lebhafte Bewegung und den Ortswechsel gestört zu werden.

Eine derartige Voraussetzung über die Fortpflanzung des Lichtes sei geeigneter, die groſse Geschwindigkeit des Lichtes begreiflich zu machen, als die Annahme einer Translation der materiellen Teilchen selbst mit so groſser Geschwindigkeit. Es gelingt nunmehr HUYGENS die Reflexion und Refraktion des Lichtes nach seiner Theorie zu erklären, wobei er annimmt, daſs die Geschwindigkeit des Lichtes im optisch dichteren Mittel eine geringere sei, im Gegensatz zur Emissionstheorie. Ferner erklärte er die merkwürdige Erscheinung der Doppel-

[1] *De lum.* p. 11. — [2] A. a. O. p. 12.

brechung im Kalkspat, konnte jedoch über die Farbenzerstreuung und die Polarisation keine Rechenschaft geben, letzteres, weil er die Schwingungen der Ätherteilchen als longitudinale in der Fortpflanzungsrichtung ansah.

Die Äthertheorie des Lichtes führt HUYGENS dazu, auch gewisse Andeutungen über die Konstitution der Körper zu geben. Er bemerkt, dafs die Reflexion nach der Emissionstheorie deshalb nicht erklärt werden könne, weil die Lichtteilchen kleiner sind als diejenigen der reflektierenden Körper, z. B. des Quecksilbers; sie würden also an der Oberfläche des Quecksilbers nicht eine ebene Wand finden, wie ein Ball, den man an eine Mauer wirft, sondern wegen der vorhandenen Unebenheiten nach allen möglichen Richtungen zurückgeworfen werden müssen.[1] Für die Undulationstheorie dagegen macht es nichts aus, dafs die Oberfläche in Bezug auf die Ätherteilchen immer eine rauhe ist; es werden trotzdem Wellen erzeugt werden, deren Mittelpunkte so nahe in einer Ebene liegen, dafs sie mit hinreichender Genauigkeit eine gemeinsame Tangente besitzen.

In Bezug auf den Durchgang des Lichtes durch die Körper sind drei Fälle möglich. Die durchsichtigen Körper können die Wellen durchlassen, indem sie entweder selbst schwingen, oder indem der zwischen ihnen befindliche Äther schwingt, oder endlich, indem der Äther und die Körperkorpuskeln beide die Schwingungen fortpflanzen. Die Fortpflanzung der Wellen durch die Schwingungen der Körperteilchen würde voraussetzen, dafs letztere elastisch sind; dies wäre keine bedenkliche Annahme, namentlich für die durchsichtigen Flüssigkeiten, deren Teilchen nicht zusammenhängen. Schwieriger scheint die Sache bei den festen Körpern; aber auch bei diesen ist die Festigkeit keineswegs eine solche, wie sie uns erscheint. Denn dieselben bestehen wahrscheinlich aus aneinandergelagerten Teilchen, welche durch den Druck einer äufseren sehr feinen Materie und die Unregelmäfsigkeit ihrer Gestalten aneinander gehalten werden. Die Porosität der festen Körper folgt ja schon daraus, dafs sie von der Materie der magnetischen Wirbel und von dem die Schwere bewirkenden

---

[1] A. a. O. p. 21.

Fluidum durchdrungen werden. Indessen können sie nicht die Struktur wie Schwämme oder lockeres Brot besitzen, weil sie durch die Wärme flüssig werden und sich dabei die gegenseitige Lage ihrer Teilchen ändert. Es bleibt also nur übrig, dafs sie eine Art von Haufen der Teilchen bilden, die sich zwar berühren, aber nicht ein solides Kontinuum zusammen ausmachen. Unter diesen Umständen werden die Teilchen sich Schwingungen übertragen können, ohne das Gefüge des Körpers zu stören.[1]

Es könnte also auf diese Weise ein durchsichtiger Körper gedacht werden, ohne dafs die ätherische Materie denselben, z. B. das Glas, durchdringt oder Poren zum Eindringen findet. In der That aber durchsetzt der Äther nicht nur die Körper, sondern dies geschieht sogar sehr leicht, wie schon aus der Durchsichtigkeit des TORRICELLIschen Vacuums folgt, welche unmittelbar nach dem Sinken des Quecksilbers auftritt. Aber auch folgende Überlegung beweist die leichte Durchdringbarkeit der Körper durch den Äther. Da sich die Ätherteilchen gegenseitig berühren und die Poren der Körper nahezu ausfüllen, so müfsten alle Körper, gleichviel ob sie solid sind oder Hohlräume enthalten, bei sonst gleicher Form und Gröfse der Bewegung nahezu gleichen Widerstand entgegensetzen. Eine hohle Glaskugel z. B. müfste sich der Bewegung gegenüber ebenso verhalten wie eine solide oder mit Quecksilber gefüllte, da sie ja offenbar ganz mit Äther angefüllt ist, und der Widerstand eines Körpers nur von der Menge der Materie abhängt, die derselbe enthält. Es mufs daher angenommen werden, dafs bei der Bewegung der Körper der in ihnen enthaltene Äther nicht mitbewegt wird, sondern die Körper durch ihn hindurchgehen, und dies setzt wieder voraus, dafs der Äther ohne jeden merklichen Widerstand durch die Poren des Körpers strömt.[2]

Es ist daher auch wahrscheinlich, dafs die Wellen in den durchsichtigen Körpern sich im Äther selbst fortpflanzen. Die mit Äther erfüllten Poren der Körper nehmen viel mehr Raum ein, als die Körperteilchen selbst. Dies folgt aus der Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der Körper, welche ja

[1] A. a. O. p. 22. — [2] A. a. O. p. 23.

der Menge der in ihnen auf gleiche Raumteile enthaltenen Materie entsprechen; wenn nun das Gold schon Poren hat, so müssen die Partikeln des Wassers einen verhältnismäfsig viel kleineren Raum wirklich erfüllen. Man wird freilich fragen, warum dann das Wasser nicht zusammendrückbar sei. Dies rührt von der äufserst schnellen und erregten Bewegung der feinen Materie her, welche das Wasser durch Erschütterung seiner Teilchen flüssig macht und dem Drucke widersteht.[1] Nach alledem ist kein Grund mehr vorhanden, an der Durchdringbarkeit der Körper durch den Äther und an der Fortpflanzung der Wellen durch diesen innerhalb der Körper zu zweifeln. Es wird jedoch der Fortschritt der Wellen innerhalb der Körper wegen der zurückzulegenden kleinen Krümmungen verlangsamt werden, und dies gerade kommt der Erklärung der Lichtbrechung zustatten.[2]

Endlich können die Wellen sowohl durch die Teilchen des Äthers als durch die des Körpers gleichmäfsig fortgepflanzt werden, und dies kann zur Erklärung der Doppelbrechung dienen. Der Einwurf, dafs die sehr kleinen Ätherteilchen den gröfseren Körperteilchen keinen Anstofs erteilen könnten, erledigt sich dadurch, dafs, wie schon bei andern Gelegenheiten bemerkt, die Körperteilchen selbst aus andern sehr kleinen Partikeln bestehen.

Die Gründe für die leichte Durchdringbarkeit der durchsichtigen Körper durch den Äther können indessen auch auf die undurchsichtigen ausgedehnt werden; auch durch ihre Poren mufs der Äther leicht strömen können, und es entsteht daher die Frage, warum nicht alle Körper durchsichtig seien. Worauf beruht die Opacität der Körper? Vielleicht auf der Weichheit der Körperteilchen, die aus kleineren bestehen und daher infolge der Ätherstöfse ihre Gestalt ändern, wodurch sie die Bewegung des Äthers aufhalten. Aber dies ist kaum annehmbar, weil, wenn ihre Teilchen so weich wären, Silber und Quecksilber das Licht nicht so stark reflektieren könnten. Wahrscheinlich kommen also den Metallen, welche fast die einzigen gänzlich undurchsichtigen Körper sind, harte und weiche Partikeln

[1] A. a. O. p. 24.

[2] A. a. O. p. 25.

untereinander gemischt zu, während die durchsichtigen Körper nur aus harten Teilchen bestehen.[1]

In den Kristallen sind die Teilchen gleichartig in Gröfse und Gestalt und regelmäfsig angeordnet. Im isländischen Doppelspat haben dieselben, wie HUYGENS aus dem Phänomen der Doppelbrechung folgert, die Gestalt von flachen Rotationssphäroiden mit dem Axenverhältnis 1 : 8.[2] Die Doppelbrechung kommt dadurch zustande, dafs sich im Kristall zwei Wellen zugleich fortpflanzen, eine kugelförmige durch den Äther allein, und eine sphäroidale, bei welcher auch die Teilchen des Kristalls mitschwingen. Auch hier erfordert die ungestörte Ausbreitung der direkten Welle durch den intrakorpuskularen Äther, ebenso wie die relativ geringe Menge der eigentlichen Körpermaterie im Vergleich zum Raum der Poren, die Annahme, dafs die Körperteilchen von sehr lockerem Gefüge (texturae rarissimae) und aus noch kleineren Partikeln zusammengesetzt sind, zwischen welchen die ätherische Materie vollständig frei fliefst.[3]

Die Vorstellung, welche sich HUYGENS von der Konstitution der Korpuskeln macht, ist also diejenige, dafs sie keineswegs solid und unteilbar sind, sondern ein lockeres Gefüge kleinerer Korpuskeln darstellen, zwischen denen die beweglichen Teilchen des Lichtäthers frei circulieren. Was hält nun jene kleinen Korpuskeln in den gröfseren zusammen und bewirkt z. B. bei den Kristallen die regelmäfsige Gestalt derselben? Hierüber gibt uns HUYGENS' Briefwechsel einige, wenn auch keine ausreichende Aufklärung.

C. Die Kohäsion.

Aufser der Materie, deren Teilchen die Sphäroide des Kalkspats zusammensetzen, nimmt HUYGENS eine zweite feine Materie an, welche die um die Sphäroide bleibenden Intervalle erfüllt und dazu dient, jene zusammen verbunden zu halten. Aber auch diese Materie besteht, wie die Sphäroide, aus sehr kleinen und festen Teilchen. Zwischen den Teilchen dieser beiden Materien sind diejenigen des Äthers in noch feinerer

---

[1] A. a. O. p. 26. — [2] A. a. O. p. 70. — [3] A. a. O. p. 47.

Verteilung und fortwährender Bewegung ausgebreitet.[1] Die Materie, welche die Festigkeit der Körper bedingt, ist also nicht der Lichtäther, sie ist aber auch nicht identisch mit dem Gravitationsäther. Wiederholt betont HUYGENS, dafs die Festigkeit der Körper durch den blossen Druck einer äufseren Materie nicht zu erklären ist. PAPIN gegenüber beweist er, dafs der blofse Druck einer äufseren Materie nicht genügen könne, die Festigkeit der gedrückten Materie zu bewirken. PAPIN[2] wollte ganz nach DESCARTES das Wesen der Materie nur in der Ausdehnung finden und glaubte von der Härte als einer ursprünglichen Eigenschaft derselben absehen zu können; er meinte, es sei zwar schwierig, aber nicht unmöglich, die Härte der Körper aus der Fluidität mit Hilfe eines äufseren Druckes abzuleiten. Dem gegenüber weist HUYGENS folgendes nach. Man denke sich ein Stück Materie (z. B. Eisen) AB (s. Fig. 12), dessen untere Hälfte B in einen Schraubstock geklemmt und an jeder Bewegung verhindert ist. Dann würde, wenn demselben nicht eine innere Festigkeit zukäme, kein Druck ausreichen, um zu bewirken, dafs die obere Hälfte längs der Linie ED nicht gleiten könne. Denn der Druck von oben kann ein derartiges Gleiten nicht verhindern, die Druckkräftevon den Seiten müssen sich aber notwendig allerseits das Gleichgewicht halten. Es würde also die geringste Störung des Seitendrucks die obere Hälfte bewegen müssen. Dagegen würde sich dieser Widerstand gegen die Gestaltsänderung sehr wohl erklären lassen, wenn man neben dem äufseren Druck auch noch die Härte der Partikeln voraussetzte, und HUYGENS glaubt sich nicht von den richtigen Prinzipien der Natur zu entfernen, wenn er die Härte ebenso wie die Ausdehnung als eine wesentliche Eigenschaft der Materie ansieht. Allerdings kann man in jedem Atom distinkte Teile unterscheiden, aber deswegen brauchen sie weder getrennt noch leicht trennbar zu sein.[3] Ein Körper ist seiner Ansicht nach nicht Körper, wenn es in ihm nicht etwas gibt, das seine Ausdehnung aufrecht erhält, und das kann nicht wieder die

D A B E

Fig. 12.

---

[1] *Leibnizens u. Huygens' Briefwechsel mit Papin.* Herausgeg. v. GERLAND, Berlin 1881. S. 169.

[2] A. a. O. S. 150, 163, 164. — [3] A. a. O. S. 157, 158.

Ausdehnung selbst sein. Und wenn es so wäre, so würden die Körper immer nur vollkommen flüssig sein können, weil keine Druckkraft von aufsen hindern könnte, dafs ein solcher Körper bei der geringsten Berührung seine Gestalt ändere; aber dies ist gegen die Erfahrung.[1]

Gegenüber Leibniz, welcher die Rundung der Tropfen auf den Druck einer äufsern Materie zurückführen wollte, schreibt Huygens dieselbe einer inneren Agitation der Flüssigkeit zu. Der gleiche Andrang einer äufseren Materie würde in Bezug auf das Hineintreiben der Teile und die Gestaltsänderung des Tropfens genau dieselbe Wirkung hervorbringen müssen wie der gleiche Druck einer ihn allseitig umgebenden Materie. Aber ein solcher Druck könnte nach den Prinzipien der Mechanik durchaus weder die Gestalt des Tropfens ändern, noch ihn sphärisch machen, wiewohl mehrere dies fälschlicher Weise glauben.[2] Leibniz zieht darauf seine auf Descartes gestützte Ansicht zurück.[3] Dagegen gelang es Huygens nicht, Leibniz zu seiner Annahme einer absoluten Undurchdringlichkeit und Festigkeit der letzten Teilchen der Materie, zu den Atomen und dem leeren Raum Gassendis zu bekehren. Huygens schreibt:

„Der Grund, welcher mich zwingt unzerbrechliche Atome anzunehmen, liegt darin, dafs ich mich ebensowenig wie Sie der cartesischen Lehre anbequemen kann, wonach das Wesen des Körpers in der Ausdehnung allein besteht, und dafs ich es daher notwendig finde, den Körpern, damit sie ihre Gestalt bewahren und der Bewegung gegenseitig widerstehen, Undurchdringlichkeit und Widerstand gegen das Brechen oder Zusammendrücken zuzuschreiben. Nun mufs man diesen Widerstand als unendlich voraussetzen, weil es absurd erscheint einen gewissen Grad desselben anzunehmen, etwa gleich dem des Diamanten oder des Eisens: denn dazu könnte keine Ursache in einer Materie liegen, von der man ja nichts als die Ausdehnung voraussetzt .... Die Hypothese der unendlichen Festigkeit scheint mir daher sehr notwendig, und ich begreife nicht, warum Sie dieselbe so befremdend finden, als ob sie ein beständiges Wunder einführe.“[4]

Und nach einigen Einwänden gegen Leibniz' Erklärung der Festigkeit durch den *motus conspirans*[5] fährt er fort: Ich

---

[1] A. a. O. S. 170, 171. Das Semikolon hinter *attouchement* ist offenbar zu streichen.

[2] Leibniz, *Math. Schriften*. II p. 150. — [3] A. a. O. p. 155.

[4] A. a. O. p. 139.

[5] S. *Math. Schr.* VI p. 87. Vgl. 5. Buch, 3. Absch. S. 452.

habe eine Art, die Kohäsion der zusammengesetzten Körper zu erklären, welche von dem Druck von aufsen und noch von einer andern Sache abhängt."[1]

In seiner Antwort gibt Leibniz zu, dafs es absurd ist, den Körpern einen bestimmten Festigkeitsgrad zu geben, weil jeder Grad gleichberechtigt sei; aber er hält es nicht für absurd, den verschiedenen Körpern verschiedene Festigkeitsgrade zuzusprechen, sonst könnte man mit demselben Rechte sagen, dafs die Körper gar keine oder eine unendliche Geschwindigkeit besäfsen. „Wenn man sagt, dafs die Natur variiert, so will die Vernunft, dafs es keine Atome oder Körper von unendlicher Festigkeit gibt, sonst müfsten alle derartig sein, was nicht notwendig ist. Sie scheinen auch nicht genügende Rücksicht auf die Atome zu nehmen, die sich längs einer Oberfläche berühren und demzufolge für immer untrennbar verbunden bleiben müfsten. Denn zu leugnen, dafs es bei den Atomen ebene oder auch nicht im geringsten Teile kongruente Oberflächen gebe, ist ein grofses *Postulatum*."[2] Denn man müsse auch auf dasjenige achthaben, was immerhin möglich ist, dafs z. B. alle Atome ebene Grenzflächen hätten; deshalb sei die Hypothese von der unendlichen Festigkeit nicht statthaft. Von andern Bedenken gegen die Atome hebt Leibniz hervor, dafs sie den Bewegungsgesetzen nicht unterliegen könnten; denn beim geraden Stofse zweier gleicher und gleichschneller Atome müfste ihre Kraft verloren gehen, da es scheint, dafs es dann keine Elasticität gibt, welche die Körper zurückspringen liefse. Ferner könne die blofse Berührung nicht die Adhäsion erklären, es müfste also diese durch ein beständiges Wunder geschehen. „Wenn aber die Festigkeit eine erklärbare Eigenschaft ist, so mufs sie notwendigerweise von der Bewegung herrühren, weil nur die Bewegung die Körper verschieden macht. Demnach kommt alles, was ich über den ursprünglichen Zusammenhang der Körper sagen kann, darauf zurück, dafs es der Kraft zur Trennung der Teile der Materie voneinander

[1] *M. Schr.* II p. 140.
[2] A. a. O. p. 145. Vgl. 5. Buch, S. 447.

bedarf, wenn diese Trennung die Bewegung und den gegenwärtigen Lauf der Körper verändert.“ [1]

Auf diese Einwürfe erwidert HUYGENS: [2] „Glauben Sie mir, bitte, daſs ich mich keineswegs daran klammere, einmal gefaſste Meinungen festzuhalten, sondern einzig und allein nach einem Strahl der Wahrheit suche, den unser Meinungswechsel zu Tage bringen könnte. Was Sie über meine Atome von unendlicher Härte sagen, habe ich wohl durchdacht, insofern Sie es nämlich für eine Absurdität erklären, allen primitiven Körpern einen gewissen Grad der Festigkeit zuzusprechen, aber nicht, verschiedene Grade in mehreren Körpern anzunehmen, wohl zu verstehen, in ursprünglichen, denn darum handelt es sich. Dennoch scheint es mir, daſs es leichter ist, eine vollkommene und unendliche Härte für alle zuzugeben, als diese Verschiedenheit der Kräfte für verschiedene Körper. Denn es ist schwerer die Gründe für diese verschiedenen Härten zu begreifen, als eine einzige zuzulassen. Dies hieſse mehrere Arten der ersten Materie vorstellen, während ich deren nur eine einzige nötig habe.“ In dem „groſsen Postulatum“, daſs die Atome keine ebenen oder kongruenten Flächen besitzen sollen, sieht HUYGENS nur einen Vorteil der Hypothese, der aber auch allenfalls entbehrt werden kann, weil die Aneinanderlagerung der Atome immerhin eine genaue Anpassung der Flächen im Unteilbaren voraussetzen würde, wofür bei der groſsen Bewegung derselben keine Wahrscheinlichkeit besteht. Darauf entgegnet HUYGENS auf den obigen Einwand, daſs die Atome nicht den Stoſsgesetzen folgen könnten, weil sie keine Elasticität besäſsen: „Ich glaube dies keineswegs, aus Gründen, welche ich eines Tages publizieren werde; und welche Erklärung Sie auch von der Ursache der Elasticität geben wollen, Sie würden immer sehr in Verlegenheit geraten, wenn Sie annehmen wollten, daſs die letzten kleinen Körper (denn diejenigen, welche Rückstoſs ausüben, sind zusammengesetzt) beim Zusammentreffen nicht zurückspringen, sondern verbunden blieben; denn daraus würde der Verlust aller relativen Bewegung in der Materie des Universums herrühren.“

[1] *M. Schr.* II p. 146.
[2] 16. Jan. 1693. A. a. O. p. 150 f.

Endlich wiederholt Huygens, daſs er selbstverständlich die Berührung allein nicht als das Bindemittel (gluten) für die Festigkeit der Körper betrachte, sondern letztere durch äuſseren Druck und noch einen andren Umstand (et par quelqu'autre chose) erkläre.

Leibniz erörtert noch einmal in einer Antwort[1] seine Auffassung der Materie und bittet Huygens wiederholt, ihm seine Ansicht über die Atome klarzulegen,[2] aber Huygens hatte keine Zeit mehr darauf einzugehen. Der Tod rief ihn ab, ehe er die Gründe formulierte, die ihn an seiner Theorie der Materie festhalten lieſsen. Wir erfahren weder, welches jener „andre Umstand" sei, der auſser dem äuſsern Druck die Kohäsion bedinge, noch die Gründe, welche er publizieren wollte, um die Möglichkeit der Anwendung der Bewegungsgesetze auf die Atome zu beweisen. Ein unersetzlicher Verlust, wenn man bedenkt, daſs Huygens damit die kinetische Atomistik öffentlich mathematisch begründet hätte.

Was jenen „andren Umstand" betrifft, so dürfen wir vielleicht aus dem Briefe an Papin schlieſsen, daſs er damit die Gestalt der Atome gemeint habe; denn er nennt dort die ursprüngliche Festigkeit der Atome als den Umstand, welcher neben dem äuſsern Druck die Kohäsion erklären könne; diese Festigkeit kann aber mit dem Druck zusammen nur unter gewissen Voraussetzungen über die Atomgestalten die Kohäsion erklären. Über die Voraussetzungen, welche in dieser Hinsicht zu machen seien, war jedoch Huygens noch nicht mit sich einig, und darin mag der Grund liegen, daſs er sich so unbestimmt ausdrückte und die genauere Mitteilung verschob. Es spricht für diese Ansicht, daſs er eine Stelle im Briefe an Leibniz vom 12. Januar 1693 unterdrückte, die sich in dem Konzept findet, das der Ausgabe von Uylenbroek zu Grunde liegt.[3] Er hatte daselbst gesagt, daſs ihm bei der Annahme von Atomen am meisten Mühe der Umstand verursache, daſs er gezwungen sei, einem jeden eine Gestalt zuzuschreiben. „Und was wird die Ursache und die unendliche Verschiedenheit dieser Figuren sein? Aber

[1] 10/20. März 1693. A. a. O. p. 155.
[2] 1/11. Okt. 1693. A. a. O. p. 163. — 4/14. Sept. 1694. A. a. O. p. 199.
[3] A. a. O. p. 151. Anm.

was ist die Ursache der verschiedenen Figuren des Meeressandes, die ich jedesmal bewundere, wenn ich ihn unter dem Mikroskop betrachte, da jedes Korn ein Kristallkiesel ist, das weder wächst noch abnimmt und so gewesen ist, durch wer weiſs wieviel Jahrhunderte? Der Schöpfer hat sie einmal so werden lassen, und ebenso bei den Atomen.“ Es stimmt ganz zu Huygens' Charakter, daſs er es vermied, sich über Gegenstände zu äuſsern, mit denen er bei sich selbst noch nicht völlig im klaren war, und so mag er es schlieſslich vorgezogen haben, Leibniz gegenüber die Frage nach den Atomgestalten noch nicht zu berühren. Ebensowenig wie für die Verschiedenheit der Geschwindigkeiten des Schwereäthers wuſste er für die Verschiedenheit der Atomgestalten eine mechanische Ursache anzugeben; und um nicht auf das Wunder der ursprünglichen Schöpfung zu rekurrieren, zog er es vor zu schweigen. Auch die Frage nach der Erklärung der Farben, die ihm Leibniz immer wieder stellt, hat er offenbar aus gleichem Grunde mit Stillschweigen übergangen; aber wir dürfen wohl annehmen, daſs er bereits einen Weg in allen diesen Fragen in Aussicht hatte und daſs er denselben uns vielleicht geführt hätte, wäre ihm nicht selbst der Weg des Lebens am 8. Juli 1695 abgeschnitten worden.

Von den verschiedenen feinen Materien oder Äthern, welche Huygens zu seiner Theorie der Materie brauchte, hat er nur zwei einer genaueren Untersuchung unterziehen können, den Lichtäther und das Gravitationsfluidum; die dritte Materie, welche er ausgesprochenermaſsen als Ursache der Kohäsion annimmt — man könnte sie den Kohäsionsäther nennen — hat er nicht behandelt. Die Geschichte der Physik ist über Huygens nicht hinausgekommen, was die mechanische Ursache der Erscheinungen betrifft. Sie hat die mechanische Theorie des Lichtes ausgebildet, diejenige der Gravitation dagegen noch nicht, und für diejenige der Kohäsion fehlen uns die Anfänge, die wir für die beiden ersteren wenigstens bei Huygens fanden. Die mechanischen Prinzipien wurden durch dynamische abgelöst.

2. Die Einführung der Prinzipien der Mechanik.

Angenommen, es wäre Huygens gelungen, in ähnlicher Weise wie über das Licht und die Schwere durch die Bewegung eines atomistischen Äthers über die Kohäsion Rechenschaft zu geben, so bleibt noch die Grundfrage aller kinetischen Atomistik zu erledigen: Wodurch ist die Bewegung der Atome gewährleistet? Die letzten Teile der Materie müssen unveränderlich und von absoluter Solidität sein; das ist durch Gassendi und Borelli festgestellt. Leibniz bekämpft diese Voraussetzung; wir finden bei ihm denselben Einwand, welcher noch in der Gegenwart immer wieder der Atomistik gemacht wird. Wenn es die von Huygens entdeckten Gesetze des Stoſses sind, welche die Bewegung der ursprünglichen harten Atome regeln, so müſsten diese Atome entweder selbst wieder elastisch sein, oder es müſste bei ihrem Zusammenstoſse alle relative Bewegung nach und nach verloren gehen. Das erstere ist nicht möglich, das letztere widerspricht dem Satze von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Darum, sagt Leibniz und sagt man allgemein, sind absolut unveränderliche Atome ein Unding.

Huygens, der Entdecker der Stoſsgesetze, der Schöpfer der Undulationstheorie des Lichtes, der Begründer der Prinzipien der Mechanik, war anderer Ansicht. Er gab dieses Dilemma nicht zu. Allerdings sind die primitiven Atome absolut fest, allerdings besitzen sie keine Elasticität, und dennoch — daſs sie ihre Bewegung wie unelastische Körper verlieren, „das glaube ich keineswegs“ — sagt Huygens — „aus Gründen, welche ich eines Tages publizieren werde“. Ist dieser Tag erschienen? Oder sind uns diese Gründe für immer verborgen geblieben? Wenn es sich hier nicht um uns unbekannt gebliebene,[1] oder überhaupt nicht von Huygens fixierte Schriftstücke handelt, so glauben wir, daſs diese in Aussicht gestellte

---

[1] Die Publikation des vollständigen Briefwechsels Huygens' ist noch nicht beendet. Herr Prof. Bierens de Haan teilte mir auf eine Anfrage gütigst mit, daſs ihm über weitere Äuſserungen von Huygens in dieser Hinsicht vorläufig nichts bekannt sei.

Publikation vorliegt in den Beweisen zu seinen Stofsgesetzen, welche erst nach seinem Tode erschienen.[1] Und es scheint uns kein Zweifel, dafs HUYGENS die Grundlegung der kinetischen Atomistik dadurch vollendet hat, dafs er zuerst die Bewegung der Atome nicht, wie es LEIBNIZ für nötig hielt, von den Stofsgesetzen abhängig machte, sondern dieselben gründete auf Prinzipien der Mechanik. Die Erhaltung der algebraischen Summe der Bewegungsgröfsen und die Erhaltung der Energie, das sind die beiden Prinzipien der Mechanik, welche als Grundsätze der physikalischen Erfahrung zu der Voraussetzung individuell unveränderlicher, substanzieller, als ganzes bewegter, diskontinuierlicher Raumteile — der Atome — hinzutreten, um die kinetische Atomistik zu begründen.[2] Und HUYGENS war es, welcher zeigte, dafs diese Prinzipien der Mechanik die Bedingungen sind zur Möglichkeit der Atomistik und dafs aus ihnen die Stofsgesetze abgeleitet werden, nicht umgekehrt, dafs die Bewegung der Materie die Stofsgesetze voraussetze. HUYGENS gründete seine Ableitung der Stofsgesetze auf das Prinzip der Erhaltung der Kraft.

Als Hypothesen bezeichnet HUYGENS einige Sätze, welche er dem Beweise seiner Gesetze des Stofses zu Grunde legt. Sie lauten:[3]

1. Ein Körper, einmal in Bewegung, beharrt, wenn kein Hindernis vorliegt, stets in Bewegung mit derselben Geschwindigkeit und in gerader Linie.

2. Was auch immer die Ursache sei, weshalb harte Körper, wenn sie sich treffen, von der wechselseitigen Berührung zurückspringen — wir nehmen an, dafs, wenn zwei gleiche Körper von gleicher Geschwindigkeit sich einander direkt begegnen, jeder mit derselben Geschwindigkeit zurückspringt, mit welcher er ankam. Sich direkt begegnen aber heifst, dafs Bewegung und Berührung in der Verbindungsgeraden der Schwerpunkte beider Körper liegen.

3. Die Bewegung der Körper und die Gleichheit oder Ungleichheit der Geschwindigkeiten sind unter Berücksichtigung ihrer Beziehung auf andre Körper zu verstehen, welche gleichsam als ruhend betrachtet werden, obgleich vielleicht sowohl diese als jene an einer andren gemeinschaftlichen Bewegung teilnehmen. . . .

---

[1] *De motu corporum ex percussione*, in *Op. reliqua*, Tom. II. Amstel. 1728. (Zuerst 1703.)

[2] In physikalischer Hinsicht vgl. hierzu O. E. MEYER, *Kinet. Theor. d. Gase* S. 239, 240, 260.

[3] *De motu corp. Op. rel.* II. p. 75, 79, 80.

4. Wenn ein gröſserer auf einen kleineren ruhenden Körper stöſst, so wird er ihm etwas Bewegung mitteilen und demnach etwas von seiner Bewegung verlieren.

5. Wenn es vorkommt, daſs bei der Begegnung zweier harten Körper der eine die ganze Bewegung, die er besaſs, nach dem Stoſse bewahrt, so erleidet auch die Bewegung des andren weder eine Abnahme noch einen Zuwachs.

Aus diesen fünf Voraussetzungen leitet Huygens die Gesetze des Stoſses harter Körper ab. Er zeigt, daſs nicht die Erhaltung der Bewegungsgröſse im cartesischen Sinne sich ergibt, sondern die Erhaltung der algebraischen Summe der Bewegungsgröſsen unter Berücksichtigung der Richtung, wenn man die entgegengesetzten Richtungen durch Geschwindigkeiten mit entgegengesetztem Zeichen repräsentiert, oder, was dasselbe ist, daſs der Schwerpunkt des Systems sich erhält. Und er formuliert ausdrücklich den Satz von der Erhaltung der Energie (wenn auch ohne Einführung dieser Benennung) als *Propositio XI:* „Beim gegenseitigen Stoſse zweier Körper findet man die Summe aus den Produkten der Gröſse der einzelnen Körper in die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoſse gleich groſs“.[1]

Die Voraussetzungen von Huygens sind also äquivalent diesen beiden Prinzipien der Mechanik, dem Satz von der Erhaltung des Schwerpunkts und von der Erhaltung der Energie. Wenn dieselben auch hier zunächst in der Form von Lehrsätzen erscheinen, so ist dies doch nur ein nebensächlicher Umstand der Formulierung. Das Wesentliche und Entscheidende in der That Huygens' ist, daſs er nicht von irgend welchen der sinnlichen Veranschaulichung entnommenen oder anthropomorphistisch gefärbten Vorstellungen ausging, sondern von mechanischen Thatsachen, die ihm als grundlegende Gesetze darum galten, weil sie notwendig und ausreichend sind, die Bewegungen der Körper eindeutig zu bestimmen, ihre

[1] A. a. O. p. 95. Duobus corporibus sibi mutuo occurentibus, id quod efficitur ducendo singulorum magnitudines in velocitatum suarum quadrata, simul additum, ante et post occursum corporum aequale invenitur; si videlicet et magnitudinum et velocitatum rationes in numeris lineisve ponantur. — Vgl. auch Dühring, *Gesch. d. Mech.* S. 167. — F. A. Müller, *Probl. d. Cont.* S. 37 f.

Geschwindigkeiten und Richtungen zu berechnen, wenn diejenigen vor dem Stofse gegeben sind. Nicht weil die Körper elastisch sind, erhält sich ihre lebendige Kraft nach dem Stofse: sondern weil die Bewegung sich erhalten mufs, erfolgt der Stofs so, wie man ihn bei Körpern beobachtet, die wir elastische nennen. Aber die elastische Verschiebbarkeit der Teile, diese sinnliche Thatsache, ist nicht eine Bedingung der Stofsgesetze. Huygens nennt die Körper, von denen er handelt, nicht elastisch, sondern hart; und dies bedeutet keine sinnliche Eigenschaft, sondern den gassendischen Begriff der Solidität, die Eigenschaft der Substanz, ihren Raum unveränderlich zu behaupten (s. II S. 170 f.). Die Raumbehauptung individueller Substanzen und die Prinzipien der Mechanik sind daher durch Huygens zur Grundlage der Theorie der Materie gemacht, und aus ihnen folgen Gesetze für die Abänderung der Bewegung von Atomen. Dafs wir dieselben Gesetze beim sinnlichen Stofse elastischer Körper wiederfinden, ist dabei ganz nebensächlich. „Was auch die Ursache sein mag, dafs harte Körper nach dem Stofse zurückspringen, wir setzen die Thatsache voraus.“

Dafs aber Huygens die Berechtigung zu dieser Voraussetzung nicht aus dem sinnlichen Beispiel der elastischen Körper, sondern aus dem rationalen Bedürfnis gesicherter Naturerkenntnis ableitete, ergibt sich aus seiner ganzen Stellung zur Mechanik. Er erfafste dieselbe durchaus im Geiste Galileis. Dies gilt nicht nur von dem Inhalt seiner Arbeiten, worin er, wie Lagrange sagt, bestimmt zu sein schien, den gröfsten Teil der galileischen Entdeckungen zu vervollkommnen und zu vervollständigen, sondern auch von dem Charakter der prinzipiellen Gedanken, auf welchen seine Erfolge fufsten. Galilei hatte durch seine Fallgesetze festgestellt, dafs die Fallräume der Körper sich wie die Quadrate ihrer erlangten Geschwindigkeiten verhalten, und dafs ein Körper vermöge einer ihm erteilten Geschwindigkeit zu derselben Höhe aufzusteigen vermag, von welcher er herabfallen müfste, um diese Geschwindigkeit zu erlangen. In diesen beiden Sätzen liegt bereits der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft, insofern das Mafs derselben proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit, falls man die Arbeitsleistung als dieses Mafs ansieht. Huygens war sich über den Zusammenhang vollständig klar, in welchem

die Erhaltung der Summe der Produkte aus Masse und Quadrat der Geschwindigkeit beim Stofse mit jenen Gesetzen GALILEIS stand, und er bezieht sich ausdrücklich auf dieselben bei der Ableitung der Stofsgesetze.[1] Er überträgt nicht empirische Stofsgesetze der elastischen Körper auf die Atome, sondern die gesetzliche Mitteilung der Bewegung von Materie zu Materie überhaupt ist ihm eine Bedingung der Möglichkeit der Mechanik, und diese Bedingung will er in seinen „Hypothesen“ formulieren. Als eine solche notwendige Voraussetzung führt er den Satz ein, dafs der Schwerpunkt eines zusammengesetzten Systems, welches um eine Axe pendelt, nicht höher aufsteigen kann, als er herabgefallen ist. Dieser Satz gilt ihm als äquivalent mit der Behauptung der Unmöglichkeit eines mechanischen *Perpetuum mobile*, und mit Hilfe jener Fallgesetze GALILEIS findet er daraus den mathematischen Ausdruck für die Mitteilung der Geschwindigkeiten von Körpern, welchen wir als den Satz von der Erhaltung der Energie bezeichnen. Wir durften daher mit Recht sagen, dafs die Stofsgesetze bei HUYGENS eine Folge aus dem Satz von der Erhaltung der Energie sind, und dafs er sich dieses Zusammenhangs bewufst war, weil er es als ein Prinzip der Mechanik einführte, dafs der Schwerpunkt des zusammengesetzten Pendels nicht höher aufsteigen kann, als er gefallen ist. Zur Einführung dieses Prinzips gab ihm die von MERSENNE bereits 1646 gestellte Frage nach dem Oscillationscentrum Veranlassung; man versteht darunter bekanntlich denjenigen Punkt eines um eine Axe drehbaren schweren Körpers, dessen Entfernung von der Drehaxe gleich ist der Länge des mathematischen Pendels, das mit dem durch jenen Körper repräsentierten physischen Pendel gleiche Schwingungsdauer hat. Die einzelnen Phasen dieses Problems bei DESCARTES und ROBERVAL gehören in die Geschichte der Mechanik. Für uns kommt nur der prinzipielle Ausgangspunkt in Betracht, von welchem HUYGENS zur richtigen Lösung gelangte, indem er fand, dafs der Abstand des Oscillationscentrums von der Drehaxe gleich ist der Summe der Produkte aus allen Massenteilchen in die Quadrate ihrer Entfernungen von der Drehaxe, dividiert durch die Summe der Produkte aller Massenteilchen

[1] *De motu corporum ex perc.* Prop. VII. p. 86.

in ihre einfachen Entfernungen von der Drehachse ($L = \Sigma mr^2 : \Sigma mr$). Damit ist das mechanische Problem auf ein rein mathematisches zurückgeführt. HUYGENS selbst bemerkt, daſs seine Voraussetzung [1] im Grunde nichts andres sagen wolle, als daſs die schweren Körper nicht nach oben fallen — *gravia sursum non ferri* —, was noch nie jemand geleugnet habe. Der Satz ist für den einzelnen schweren Punkt selbstverständlich und für ein starres System leicht beweisbar. Er ist auch, wie HUYGENS hinzufügt, für flüssige Körper anwendbar, bei denen er zum archimedischen Gesetze führt, sowie bei vielen andern mechanischen Problemen von Vorteil. „Und wahrlich, wenn sich die Fabrikanten neuerer Werke, welche eine perpetuelle Bewegung mit vergeblicher Mühe erzeugen wollen, sich jenes Satzes zu bedienen wüſsten, so würden sie leicht selbst ihre Irrtümer begreifen und einsehen, daſs eine solche auf mechanische Weise keineswegs möglich sei.“ [2]

Endlich ergibt sich aus einem Briefe HUYGENS' an LEIBNIZ direkt, daſs ihm der Satz von der Erhaltung der Kraft als äquivalent gilt mit der Unmöglichkeit eines *Perpetuum mobile,* und beide für ihn Ausgangspunkt, nicht Folge sind in Bezug auf die Sätze vom Stoſs der Körper, indem er schreibt:

„In Sachen der Bewegung habe ich wohl einiges Neue und Paradoxe mitzuteilen, wie man sehen wird, wenn ich meine Beweise über die Stoſsregeln veröffentlichen werde .... ich wende darin unter anderem diese *conservatio virium aequalium* und den Schluſs auf die perpetuelle Bewegung, d. h. auf das Unmögliche an, wodurch auch Sie die Regeln DESCARTES' widerlegen, die übrigens als durchaus falsch und ohne Grund aufgestellt erkannt sind und nicht die Mühe verdienten, die Sie sich gemacht haben.“ [3]

Die Parallele, in welche HUYGENS seinen Grundsatz, den er der Ableitung des Schwingungsmittelpunktes zu Grunde legt, und das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft, woraus er die Stoſsgesetze folgert, mit der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile stellt, beweist nun aufs deutlichste, daſs

---

[1] Dieselbe lautet: *Horol. Oscill. Op. varia* Lugd. Bat. 1724. I p. 121: Si pondera, vi gravitatis suae, moveri incipiant, non posse centrum gravitatis ex ipsis compositae altius, quam ubi incipiente motu reperiebatur, ascendere. Die erste Veröffentlichung fällt ins Jahr 1673.

[2] A. a. O. p. 123.

[3] LEIBNIZ, *Math. Schr.* II p. 140, 141. Brief HUYGENS' vom 11. Juli 1692.

beide Sätze bei ihm der Ausflufs eines allgemeinen Grundgedankens sind, der Mechanik überhaupt möglich machen soll, nämlich dafs eine gesetzmäfsige Veränderung der Geschwindigkeiten der in Wechselwirkung stehenden materiellen Teilchen bestehen mufs, für welche der mathematische Ausdruck zu finden ist. Es ergibt sich aber aus seiner mechanischen Theorie der Gravitation und dem streng kinetischen Charakter seiner Theorie der Materie, dafs er hierbei niemals an eine Veränderung der Energie in dem Sinne gedacht hat, in welchem die moderne Physik unter Zugrundelegung von Centralkräften von einem Übergang kinetischer in potentielle Energie und umgekehrt zu sprechen pflegt. Das Prinzip, dafs die Steighöhe des Pendels gleich seiner Fallhöhe ist, bedeutet bei HUYGENS nur den abgekürzten Ausdruck für eine Übertragung kinetischer Energie der Atome des Gravitationsfluidums an das fallende Pendel, und wiederum des steigenden Pendels an die ersteren; immer aber ist die lebendige Kraft aktuell in der Materie vorhanden, nur an verschiedenen Teilen der Materie in verschiedenen Teilen des Raumes. Die Einführung jenes Grundsatzes kann also gegenüber der Äthertheorie nichts gegen die rein kinetische Grundlage der HUYGENSschen Mechanik beweisen; aber allerdings bleibt die Voraussetzung der unveränderlichen diskreten Atome dabei eine unerläfsliche, ohne welche Wechselwirkung in der Materie nicht möglich wäre. Die Wechselwirkung gründet sich bei HUYGENS auf die Übertragung lebendiger Kraft von materiellen Teilchen auf andre materielle Teilchen. Die gesamte Energie des Weltalls erhält sich aktuell in der Materie, aber sie verändert ihre räumliche Verteilung. Es gibt einen Übergang von Energie von Raumteil zu Raumteil. Dies ist der Grundsatz, welcher die Erhaltung der Energie und die Erhaltung der Substanz verbindet, als das Prinzip der kontinuierlichen Veränderung der Verteilung der Geschwindigkeiten an die einzelnen Atome. Bewegte Atome allein können keine Wechselwirkung üben, wenn nur der Grundsatz von der Erhaltung der Substanz gilt; ebensowenig kann es eine Wechselwirkung geben, wenn die Teile der sinnlichen Körper immer dieselbe Summe kinetischer Energie besitzen müfsten; sondern damit Wechselwirkung möglich sei, mufs es Ätheratome geben,

welche die Energie der sinnlichen Körper aufnehmen und an andre Stellen des Raumes übertragen; sie stellen das grofse Reservoir der Energie dar, aus welchem dieselbe den Körpern wieder zufliefst. Das hat HUYGENS ausdrücklich anerkannt, wenn er hervorhebt, dafs die Annahme ätherischer Fluiden notwendig ist, um das plötzliche Auftreten von Energie bei Auslösungserscheinungen zu erklären,[1] und diese Übertragung kinetischer Energie an den Äther und zurück an die Körper bedingt die Erscheinungen der Gravitation. Es mufs also nochmals betont werden — denn es hängt davon das Verständnis der erkenntniskritischen Fundierung der Physik überhaupt ab, — die Gravitation ist nicht begründet auf die Stofsgesetze der Atome und diese sind nicht begründet auf die Elasticität der letzteren, sondern sie ist begründet auf einen gesetzlichen Austausch von Geschwindigkeit unter den Atomen; und von diesem Grundsatz der Variabilität der Geschwindigkeiten leiten sich die Gesetze des Stofses und die Elasticität der Körper als Lehrsätze der Physik ebenso ab wie die Fallgesetze.[2] Jener Austausch von Geschwindigkeiten aber ist mathematisch definiert durch die Prinzipien der Mechanik, dafs Σmv und Σmv^2 konstante Gröfsen sind. Was dabei an den Atomen vor sich geht, wenn dieselben zusammentreffen, ist eine als unstatthaft überhaupt abzuweisende Frage. Denn sie setzt voraus eine sinnliche Anschauung von den Atomen; sie schreibt sich daher, dafs die Atome vorgestellt werden als kleine, harte Körper, die zusammenprallen, wie wir es an den sinnlichen Körpern bemerken. Das aber eben ist der Fortschritt, durch den HUYGENS die Korpuskulartheorie zur Wissenschaft gemacht hat, dafs er diese sinnliche Vorstellung überwindet und durch rationale, und zwar mathematisch formulierte Begriffe ersetzt. Das absolute Atom und die Gesamtheit der bewegten Atome sind begriffliche Gebilde; ihr Zusammentreffen im Raume bedeutet nicht mehr den Anthropomorphismus des Stofsens, sondern die geometrische Bestimmung des Orts zu gegebener Zeit; und ihr Verhalten nach dem sogenannten Stofs wird nicht geschlossen nach Analogie des Zurückprallens sinnlicher Körper, sondern bestimmt durch die mathematische

---

[1] *De grav.* p. 109. Vgl. oben S. 344. — [2] Vgl. II S. 175.

Formel, welche die Verteilung der Geschwindigkeiten reguliert. So lange man darüber grübelt, was wohl eintreten müfste, wenn unveränderliche Körper sich treffen, indem man dabei die Analogie der sinnlichen Körper zu Rate zieht, so lange bewegt man sich in vollständig unfruchtbaren Spekulationen. Denn nachdem man durch Abstraktion von den sinnlichen Eigenschaften glücklich den Begriff der bewegten, absolut unveränderlichen Atome erzeugt hat, versetzt man sich wieder mit dem ganzen Apparat der sinnlichen Vorstellung in die Atome hinein, um zu sehen, was denn nun beim Stofse passieren könnte. Wenn aber einmal die Bedingungen der zusammengesetzten sinnlichen Körperwelt aufgehoben sind, kann man natürlich keine verbindlichen Folgerungen mehr daraus ziehen. Es wird dann jede Annahme zulässig, weil die Eigenschaften der Atome unter der Hand wieder ihre begriffliche Fixierung verlieren und als Steigerungen der sinnlichen Eigenschaften ins Unendliche oder Absolute vorgestellt werden. Jeder solche Grenzübergang aber führt ins Unbestimmte. Was ist Elasticität? Die Aufhebung der Deformation. Die Unzusammendrückbarkeit der Atome kann als Grenzfall der vollkommenen Elasticität wie der vollkommenen Unelasticität aufgefafst werden. Denn man kann sagen, die Unzusammendrückbarkeit ist eine unendlichkleine Zusammendrückbarkeit mit unendlichgrofser elastischer Kraft, d. h. eine unendlichkleine Deformation mit instantaner Aufhebung derselben; man kann aber auch sagen, die Unzusammendrückbarkeit ist absolute Nichtelasticität, weil keine Verschiebung der Teile möglich ist. Im ersteren Falle würden die Atome zurückspringen und ihre Energie behalten, im letzteren nicht. Hier ist also kein Weg, zu einer Bestimmung über den gesetzlichen Verlauf der Wechselwirkung zu kommen, und diese ganze Vorstellungsweise, mechanische Prinzipien zu veranschaulichen, mufs verworfen werden. Es gibt nur e i n e n Weg, Physik zu konstituieren; nämlich durch Prinzipien, welche die Veränderung der Bewegung gesetzlich feststellen. Diesen Weg hat Huygens eröffnet durch die Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft als des mathematischen Ausdruckes für die Regulierung der Geschwindigkeiten der Atome. Er hat damit die Konsequenz aus Galileis Auffassung der Bewegung gezogen und der

Korpuskulartheorie ihren Abschlufs gegeben, indem er die sinnliche Thatsache der Wechselwirkung der Körper in einem mechanischen Prinzip objektivierte.

3. Huygens als Höhepunkt der kinetischen Atomistik.

A. Die Begründung der Wechselwirkung substanzieller Atome durch das Energiegesetz.

Die Objektivierung der Empfindung zur gesetzlich bewegten Atomwelt vollzieht sich in der Entwickelung, welche bezeichnet ist durch die drei Namen: Gassendi, Galilei, Huygens. Gassendi objektivierte die sinnliche Thatsache der Empfindung als Raumerfüllung in der Einheit des demokritischen Atoms von konstanter Raumgröfse; Galilei objektivierte die sinnliche Thatsache der Empfindung als qualitative Zeiterfüllung in dem Begriff der Bewegung als intensive Realität; Huygens objektivierte die sinnliche Thatsache der Veränderung der Körper in den Prinzipien der Mechanik als die kontinuierliche kausale Wechselwirkung. Das ist selbstverständlich nicht so zu verstehen, als ob einer der Grundsätze der Quantität, der Qualität und der Relation für sich zur wissenschaftlichen Darstellung der Empfindungskomplexe in Gestalt der Mechanik ausgereicht hätte, sondern erst in ihrem Zusammen vermögen sie die Objektivierung der Empfindung zu liefern; aber die analysierende Abstraktion der erkenntniskritischen Untersuchung entdeckt durch diese Trennung in die Grundsätze der Quantität, Qualität und Relation diejenigen Denkmittel in der Geistesarbeit des Jahrhunderts, zu deren Ausbildung die genannten Männer am wesentlichsten beigetragen haben.

Nunmehr vermögen wir die abschliefsende Stellung zu überblicken, welche Huygens in der Entwickelung der Korpuskulartheorie einnimmt, indem er derselben den Wert einer wissenschaftlichen kinetischen Atomistik verleiht. Bei ihm ist die Wechselwirkung der Atome zum ersten Male durch mathematische Begriffe fundiert und Galileis Denkmittel der Variabilität zur Objektivierung der Erscheinungen benutzt, ohne die kinetisch-atomistische Grundlage anzutasten, welche zur Lösung des Körperproblems unentbehrlich ist.

Wir hatten bei Gassendi gesehen, dafs es demselben ebensowenig wie der antiken Atomistik gelungen war, die Wechselwirkung der Atome zu begründen. Auch Borelli, obwohl seine physikalische Theorie bedeutende Fortschritte zeigt, vermochte weder zur mathematischen Formulierung der Verteilung der Geschwindigkeiten der Atome noch zu einer empirisch verwertbaren Theorie zu kommen; denn wenn er auch mit Hilfe komplizierter Atomgestalten über verschiedene Phänomene Rechenschaft zu geben versucht, so bleibt doch das letzte Übertragungsmittel der Bewegung der Stofs der starren Ätheratome, und die Schwierigkeiten, welche hierin liegen, konnte er so wenig wie Gassendi überwinden. Wir hatten gefunden, dafs bei diesen Denkern ebenso wie bei Descartes die kinetische Atomistik daran scheiterte, dafs sie den von Galilei geschaffenen Bewegungsbegriff nicht zu benutzen wufsten, um die Realität der Bewegung mit der Erhaltung der Substanz zu einer gesetzlichen Wechselwirkung zu vereinen. Eine kausale Verbindung zwischen den individuellen Substanzen bedarf der Kontinuität der Veränderung in der Körperwelt. Diese Kontinuität liegt nicht in den bewegten Atomen, sie liegt auch dann nicht darin, wenn Stofsregeln über dieselben aufgestellt werden, weil diese Stofsregeln selbst der Begründung entbehren. Vielmehr können die Stofsgesetze nur abgeleitet werden, wenn ihnen ein Prinzip der Mechanik als Bedingung gesetzlicher Veränderung zugrunde gelegt wird. Es handelt sich also darum, die Übertragung der Bewegung durch das Denkmittel der Variabilität zu begreifen.

Galilei hatte die Objektivierung der Empfindung ermöglicht, indem er die intensive Realität im Zeitmoment als das Charakteristische der Bewegung entdeckte. Dadurch war die Veränderung begrifflich gemacht, indem im Zeitmoment das Gesetz eines Bewegungsverlaufs gedacht wird, also das Kontinuum des Geschehens mit der Abstraktion von der Extension nicht fortfällt. Aber er hatte diese Anwendung des Denkmittels der Variabilität auf eine Abstraktion eingeschränkt, indem er nur die Bewegung eines einzelnen und einfachen Körpers betrachtete. Bei dem fallenden Stein oder Massenpunkt ist in jedem Zeitmoment der Verlauf der Bewegung als einer gesetzmäfsigen definiert; die Tendenz der Fortsetzung der Be-

wegung ist sichergestellt, aber nur für diesen einzelnen Körper; die Bewegung trägt das Gesetz ihrer Veränderung in sich selbst. Das war gewifs eine notwendige und fruchtbare Stufe in der Entwickelung jener Denkweise; aber sie bedurfte zur Vollendung der Theorie der Materie einer Ausdehnung von der Bewegung des Einzelkörpers auf die Gesamtheit der Körper, welche sich als Sinnenwelt darstellen; die Realität der Bewegung mufs auf die Wechselwirkung übertragen werden. GALILEI fragte nicht nach der Ursache der Gravitation, sie ist ihm in der Beschleunigung realisiert, und mehr bedurfte er auch nicht, da er nur den Fall des einzelnen Körpers untersuchte.

Nun ist aber durch GASSENDI, BORELLI und HUYGENS festgestellt, dafs die individuellen und substanziellen Atome das Substrat der Bewegung sind, und die Physik erfordert die Gesetzlichkeit der Bewegung derselben als einer gemeinsamen. Hier ist die Frage nach der Ursache der Gravitation, wie überhaupt nach der Bewegungsursache eines bestimmten Körpers, nicht mehr abzuweisen. Die Veränderung der Bewegung haftet jetzt nicht an dem Einzelkörper, und das Bewegungsgesetz kann daher nicht isoliert für diesen als selbständige Realität betrachtet werden, sondern die Veränderung der Bewegung bezieht sich auf sämtliche Teile eines nicht mehr starren Systems, sie besteht nunmehr darin, dafs die verschiedenen Teile verschiedene Geschwindigkeiten annehmen, ihr Gesetz mufs also eine selbständige Realität nicht für den Einzelkörper, sondern für ein Atomsystem werden und die Bewegungen der einzelnen Teile untereinander regulieren. Das Denkmittel der Variabilität ist nicht auf die Veränderung der Geschwindigkeit eines Körpers, sondern auf die Verteilung der Geschwindigkeiten in einer Gruppe von Körpern anzuwenden. Das ist die Vollendung des GALILEIschen Denkens, welche HUYGENS vollzieht, indem er dasselbe Prinzip einer gesetzlichen Veränderung der Geschwindigkeit bei der Verteilung derselben von Raumteil zu Raumteil zugrunde legt, und dadurch den Schwingungsmittelpunkt des physischen Pendels und die Stofsgesetze zu entdecken vermag. Sobald die am Fallgesetz entdeckte Bewegungsrealität auf die gegenseitige Bewegung zweier oder mehrerer Körper ausgedehnt wird, erzeugt dieselbe den Satz

von der Erhaltung der Energie, aber in dem weiteren Sinne, dafs er in Verbindung mit den übrigen Prinzipien der Mechanik zugleich den Übergang der Energie definiert. Dies ist der innere Zusammenhang des Energieprinzips mit dem Begriff der Beschleunigung, der Entdeckungen von Huygens mit denen Galileis.

Weil aber beim Galileischen Fall eines Körpers nur dieser eine Körper betrachtet wird, tritt die Kontinuität der Bewegungsänderung deutlich erkennbar hervor; bei der Untersuchung der Verteilung der Geschwindigkeiten auf zwei Körper eines Systems sind jedoch die Körper als diskontinuierlich im Raume gegeben, und deswegen scheint es, als sei hier die Kontinuität der Bewegungsänderung gestört, als fände beim Zusammenstofs zweier harten Atome eine Unterbrechung des kontinuierlichen Geschehens statt. Deshalb hat man sich so häufig gegen die kinetische Atomistik erklärt. Die Diskontinuität liegt jedoch nicht in der Bewegung; das ergibt sich, sobald man sich klar macht, dafs die Verteilung der Geschwindigkeiten ebenso wie die Veränderung der Geschwindigkeit des Einzelkörpers auf demselben Denkmittel beruhen. Die Diskontinuität liegt nur in dem Substrat der Bewegung; sie hindert aber nicht die Kontinuität des Geschehens, und nur darauf kommt es an.

Die individuellen Substanzen der unveränderlichen Atome sind notwendig, um eine Bewegung den Raumteilen zu prädicieren, so dafs Einheit der bewegten Teile vorhanden ist. Denn weder die Ausdehnung noch die Gleichheit der Bewegung reicht dazu aus, weil ohne den Substanzbegriff niemals etwas da ist, wovon die Bewegung ausgesagt werden kann. Da nun die Vielheit bewegter Substanzen im Raum für die Physik unerläfslich ist, mufs die Verbindung derselben durch ein besonderes Denkmittel der Relation gesichert sein, nämlich durch die kausale Wechselwirkung. Diese wird von niemand bezweifelt und selbstverständlich auch von der Fluiditätstheorie vorausgesetzt, da ja auch hier eine Vielheit der Bewegungen der Raumteile unerläfslich ist, nur dafs die Raumteile in jedem einzelnen Falle als Volumenelemente mit verschiedenen Geschwindigkeiten gedacht werden. Deshalb ist hier eine kontinuierliche Änderung der Geschwindigkeiten von Raumelement zu

Raumelement leicht konstruierbar. Dafs dies in der Atomistik nicht am Tage liegt, wird ihr als tötlicher Defekt angerechnet.

Aber dieser Vorwurf beruht nur auf dem alten Fehler, die sinnliche Anschauung in die Bewegung der rationalen Gebilde, die wir Atome nennen, wieder hineinzutragen. In jedem Falle handelt es sich jedoch um die Feststellung des Gesetzes. Wechselwirkung zwischen Substanzen im Raum ist überhaupt nicht sinnlich vorstellbar, sondern ein transcendentaler Grundsatz der Erfahrung. Um indessen denselben mit dem Begriff der Gröfse zu verbinden und die kausale Veränderung mathematisch darstellbar zu machen, um also Naturwissenschaft zu ermöglichen, dazu eben dient das Denkmittel der Variabilität, und das gilt für die Gemeinschaft der Atome ebenso wie für die Bewegung eines Körpers oder die Richtungsänderung einer Linie. Sucht man sich zwei Atome im Moment ihres Zusammenstofses vorzustellen, so verfährt man gerade so, als wenn man sich den fliegenden Pfeil in einem Punkte seiner Bahn vorzustellen sucht. Man greift diesen Moment aus dem Kontinuum heraus, man löst ihn von der Gesamtheit des Geschehens, von dem Nacheinander der Zeit und dem Zusammenhange der Kausalität; daher erhält man natürlich Ruhe, Diskontinuität und Unbestimmtheit. Aber das Unzulässige dieser Abstraktion wird im Denkmittel der Variabilität aufgehoben. Wie die Richtung einer Kurve noch im einzelnen Punkte durch das Verhältnis des Differenzials der Ordinate zu dem der Abscisse definiert ist, wie die Geschwindigkeit eines bewegten Punktes noch im Zeitmoment als $ds:dt$ festgehalten wird, so ist auch der Übergang der Geschwindigkeiten, von einem Atom zum andren, der kontinuierliche Austausch von Energie zwischen den Teilen eines Systems eindeutig festgestellt durch Prinzipien der Mechanik selbst in demjenigen Zeitmoment, den man als den Augenblick des Zusammenstofses bezeichnet. Der Moment des Zusammentreffens ist ein Element der Zeitreihe, welchen man nicht aus derselben lösen darf, ohne den Naturzusammenhang zu zerstören, so gut wie man nicht einen Moment der Zeit aus der Bewegung lösen darf, ohne diese aufzuheben. Und das Denkmittel der Variabilität lehrt hier, in diesem Moment das Gesetz der Veränderung zu fixieren, ohne es aus dem Kontinuum zu heben, der Veränderung der Geschwin-

digkeitsverteilung Gröfse zu geben, indem die Gesamttendenz des Energiewechsels mitgedacht wird. Innerhalb eines kontinuierlichen Mittels ist die theoretische Mechanik bei der Anwendung der Differenzialrechnung längst gewöhnt, diese Denkart zu üben; aber es thut gar nichts zur Sache, ob die Geschwindigkeitsübertragung in einem kontinuierlichen oder in einem diskontinuierlichen Mittel stattfindet. Denn die Kontinuität hängt an der Veränderung der Bewegung, nicht an der Form des Substrats; sie ist durch das rationale Gesetz gewährleistet, und neben diesem noch die Anschauung in ihren Momenten zu verfolgen, ist gänzlich unnütz. Ja letzteres ist ein durchaus vergebliches und störendes Bemühen. Es ist ebensowenig vorstellbar, wie ein Atom aus seiner Richtung in die entgegengesetzte übergehen soll, als wie ein Volumenelement einem benachbarten einen Geschwindigkeitsgrad übertragen, oder etwa eine Kraft ein materielles Teilchen „ergreifen" soll. Das alles sind Anthropomorphismen, die wir überwinden müssen. Alle diese Veränderungen leiten ihr Recht als Mittel der physikalischen Erkenntnis nur aus dem Gedanken ab, dafs die Wechselwirkung der Körper als eine kontinuierliche Veränderung durch ein Gesetz des Verstandes verbürgt ist, aber wir haben kein Recht und keine Möglichkeit, eine einzelne Phase in diesem Geschehen herauszugreifen, es sei denn unter gleichzeitigem Mitdenken ihrer Bedingung und Folge. Die Welt ist nicht weniger kontinuierlich, weil sie aus Atomen besteht, wenn nur das Weltgeschehen kontinuierlich ist, wenn nur die kausale Abhängigkeit der Atomkombinationen, wie sie zeitlich verlaufen, denkbar und gesetzlich darstellbar ist.

Sollte aber jemand hierauf mit der Frage entgegnen, warum wir, wenn der Stofs doch nicht anschaulich zu machen ist, überhaupt unveränderliche Atome festhalten, so haben wir die Antwort schon anderweitig gegeben. (Vgl. I S. 384 ff. — II S. 52, 100, 239.) Eine plastische Materie, ins Unendliche flüssig, widerstreitet dem Substanzbegriff und hat sich für die Physik als unbrauchbar erwiesen, sobald sie über die Dynamik homogener Systeme hinausgehen will; wir haben vielmehr gesehen, wie jede Fluiditätstheorie zur Atomistik zurückstrebt. Einheitlich bewegte Teile des Raumes müssen immer konstruiert werden, und etwas andres sollen die Atome

nicht sein. Die Atome sind nicht, wie das „Einfache", das Erzeugnis einer Idee, sondern die Kategorie der Substanz gibt ihnen Unveränderlichkeit und Dauer. Ihr Begriff ist nicht regulativ, sondern konstitutiv. Das Denkmittel der Variabilität aber bewirkt, dafs die einheitliche Raumgröfse, deren Identität der Substanzbegriff verbürgt, ihre Realität als Individuum, welche ihm der Grundsatz der intensiven Gröfse verleiht, und die Wechselwirkung mit seinesgleichen in jedem Zeitmoment behält, so dafs die Kontinuität des Weltgeschehens dadurch gesichert ist, dafs das Gesetz desselben, welches das Verhalten des Individuums wie der Gesamtheit bestimmt, mit der Substanz desselben in unauflöslichem Begriffe verbunden ist. Hierdurch erst ist die Verbindung der Substanz mit der Kausalität geleistet. Das Denkmittel der Variabilität, welches auf der Grundeigenschaft des Bewufstseins „Kontinuität" beruht, macht es möglich, das Atom im einzelnen Moment sowohl als ein bewegtes, mit Energie begabtes, als auch die Lageveränderung andrer Atome bedingendes aufzufassen. Die Gesamtverschiebung der Weltenergie ist kontinuierlich. Damit sind die Bedingungen zur Objektivierung der Empfindung vollständig.

Hiermit ist die Aufgabe gelöst, welche wir bei Gelegenheit des rationalen Realismus Erigenas vorgreifend skizzierten (s. I S. 56) als Bedingung der Vollendung des Denkprozesses, welcher sich in der Entwickelung der modernen Naturwissenschaft offenbart: die Verbindung von Substanzialität und Kausalität durch ein Denkmittel, welches die Sinnlichkeit zu objektiver Realität im Begriffe erhebt. Die Realität bezieht sich nicht mehr allein auf die Allgemeinbegriffe, wovon aus es keine Bestimmung des Einzelnen gibt, noch allein auf die Atome, deren Zusammenhang nicht aufweisbar ist, sondern auf die Veränderung, und erst damit ist der physische Körper konstituiert. Die Veränderung der Körperwelt, wie sie in der sinnlichen Erfahrung gegeben ist, hat ihre Darstellung als Gröfse erhalten und ist damit aus dem subjektiven Erlebnis zum objektiven Faktum, zum Gegenstand der Wissenschaft erhoben. Sie ist mathematisch darstellbar als Lageveränderung der Atome; aber diese ist nicht mehr blofs phoronomische Verschiebung, sondern sie ist zugleich bestimmt als intensive Gröfse, nämlich als Energie,

und diese selbst ist nicht gedacht als beharrende Substanz, sondern ihre Realität besteht in dem Gesetze ihrer Veränderlichkeit im Raume. Jede Atomkonstellation hat ihren Sinn nur dadurch, dafs sie Bedingung ist einer bestimmten andren Konstellation im folgenden Zeitmoment. Der Ausdruck dafür sind die Prinzipien der Mechanik; sie vollziehen die Objektivierung der Empfindung. Indem sie die Verteilung der Energie regulieren, lehren sie die Veränderung der Empfindung durch Gröfsen angeben und schaffen dadurch mathematische Naturwissenschaft als Wissenschaft von der Empfindung. Die Kausalerklärung des Wechsels der Empfindungsinhalte ist ermöglicht; und dieser Anpassungsprozefs des Denkmittels der Kausalität an dasjenige der Substanzialität durch den Begriff der Variabilität ist identisch mit der Entwickelung des modernen Denkens.

Alle Einwände gegen die kinetische Atomistik müssen nunmehr verstummen gegenüber den Grundlagen, welche Huygens derselben gegeben hat. Er hat gezeigt, dafs die Starrheit der festen Körper, die Kohäsion, nicht ohne Voraussetzung unveränderlicher Atome erklärt werden kann. Er hat aus der Gleichheit der Wirkung der Atome unter Voraussetzung ihrer gleichen Geschwindigkeit auf die Gleichheit der Gröfse geschlossen; damit hat er den Begriff der Masse als Gröfse konstituiert, welche sich aus der Wirkung bestimmt. Er hat die Wechselwirkung der Atome im Satz von der Erhaltung der Kraft mathematisch formuliert. Er hat endlich damit zugleich die Wandlung der Energie durch gesetzliche Feststellung als den Gegenstand der Physik möglich gemacht und der Erkenntnis unterworfen, und zwar nicht durch ein Zurückgreifen auf die scholastischen Begriffe der Actualität und Potenzialität, sondern rein mechanisch durch ihre Verteilung auf verschiedene Raumstellen, indem er verschiedene Ordnungen von Atomen, die Ätheratome, einführte, in denen die Energie sich aufspeichert und von denen sie den Körperatomen wieder zufliefst. Somit vereinigen sich in seinem Gedankengange alle die Begriffe, deren die Physik als Grundlage ihrer Erklärungen bedarf.

Aus diesem Faktum der Wissenschaft zieht die Erkenntniskritik ihre Folgerungen über die Denkmittel, welche der Konstituierung des Körperbegriffes zugrunde liegen und sie

bedingen. Sie findet darin die Grundsätze der extensiven und intensiven Gröfse, der Substanzialität, Kausalität und Wechselwirkung, und ihre Vereinigung durch den Grundsatz der Kontinuität oder Variabilität, dafs jeder Zustand seine Realität besitzt durch den Begriff, welcher ihn als Moment einer kontinuierlichen Entwickelungsreihe definiert. Die Entwickelung des Körperproblems vom Mittelalter bis HUYGENS hat sich als ein geeignetes Material erwiesen, um daran die Denkweisen zu studieren, auf welchen die mechanische Naturwissenschaft beruht, und aus diesen die transcendentalen Bedingungen kennen zu lernen für die Möglichkeit einer objektiven Natur. Die Entdeckung der Prinzipien der Mechanik ist die empirische Thatsache, auf welche der kritische Idealismus sich stützen konnte, um die Gedanken DEMOKRITS und PLATONS zu vereinen und die Möglichkeit der Naturwissenschaft zu begreifen.

B. Die moderne Energetik und die kinetische Atomistik.

Man darf behaupten, dafs die erkenntniskritischen Grundlagen der Physik bei HUYGENS vollständig sind, und dafs die weitere Entwickelung der Physik ihnen in prinzipieller Hinsicht nichts hinzuzufügen vermochte. Diese Behauptung erscheint sehr kühn gegenüber der Thatsache der ungeheuern Erweiterung des mathematischen und physikalischen Wissens in der Gegenwart, welche neben der Ausdehnung der Analysis und der Empirie wesentlich auf der Einführung neuer Begriffe beruht, wie es die der Centralkräfte, der potenziellen Energie, des Potenzials, der Entropie, der Stromintensität u. s. w. sind. Aber wir sprechen von den fundamentalen Prinzipien und Denkmitteln, nicht von den Formen, welche dieselben in der Anwendung auf die Fülle der empirischen Thatsachen annehmen. Vielmehr zeigt gerade das moderne Bestreben, welches seit R. MAYERS und HELMHOLTZS Arbeiten über den Satz von der Erhaltung der Kraft und die dadurch gegebene Einsicht in die Einheit der Naturkräfte hervortritt, die Mechanik von den Grundlagen NEWTONS zu befreien und in eine Energetik überzuführen, wie sehr in HUYGENS' Prinzipien der Kern aller heutigen physikalischen Erkenntnis gesichert ist.

Die Mannigfaltigkeit der sinnlichen Erscheinung ist so groſs, daſs es zu ihrer Objektivierung, d. h. zu ihrer Zurückführung auf die letzten einfachen Prinzipien der Atombewegung, einer gröſseren und mit dem Fortschritt der Empirie sich stets vermehrenden Anzahl von Hilfsbegriffen bedarf, welche zur Repräsentation der verschiedenen Formen dienen, unter denen Energie auftreten und sich wandeln kann. Für Huygens und die kinetische Atomistik des 17. Jahrhunderts war es ein Grundsatz alles physikalischen Erkennens, daſs sämtliche Naturkräfte, mochten sie sich als Kohäsion oder Schwere, als Wärme oder Licht, als Elektrizität oder Magnetismus, als Chemismus oder physiologische Thätigkeit zeigen, in nichts andrem als in der Mechanik der Atombewegungen gegründet waren; es unterlag auch gar keinem Zweifel, daſs jede dieser Kräfte in die andern überführbar war, nur blieb das Feld der Erfahrungen sehr beschränkt, in welchem ein derartiger Übergang sich nachweisen lieſs. Was wir die Einheit der Naturkräfte nennen, existierte daher für die damalige kinetische Atomistik gar nicht als Problem in unsrem Sinne. Durch Huygens waren zwar einigen der physikalischen Phänomene besondere Ätherarten und besondere Bewegungen derselben zugeschrieben worden, aber sein mechanisches Grundprinzip von der Erhaltung der Energie galt allgemein; es lag offenbar auch der Mitteilung der Bewegung von Atomen des einen Äthers auf Atome des andren, oder auf die der Körpermolekeln zu Grunde, wie seine Betrachtungen über die Vorgänge im Kalkspat beweisen; aber er war noch nicht bis zu der Aufgabe vorgeschritten, diese Übergänge von Energieformen ineinander im einzelnen nachzuweisen oder mathematisch zu formulieren. Dafür befand sich eben die kinetische Theorie der Materie erst in ihren Anfängen. Die Aufgabe blieb noch zu lösen, den einzelnen besondern Bewegungen, welche als verschiedene Sinnesqualitäten uns entgegentreten, das adäquate mathematische Gesetz zu leihen.

Es zeigte sich nun, daſs es hierbei zunächst nicht möglich war, auf die letzten Bewegungen der Elementaratome zurückzugehen, sondern daſs man sich damit begnügen muſste, die beobachteten Bewegungen durch zusammenfassendere mathematische Formeln zu beschreiben. Das war ein wichtiger und notwendiger Schritt der mathematischen Physik, um die

Erscheinungen der Rechnung zu unterwerfen. Der glänzende Erfolg NEWTONS war hier entscheidend. Das Attraktionsgesetz bot für das Verhalten der materiellen Teilchen gegeneinander die einheitliche Formel, welche die beobachteten Thatsachen der kosmischen und irdischen Gravitation darzustellen gestattete, ohne dafs es notwendig war, auf die Bewegungen desjenigen Fluidums einzugehen, das die bei der Annäherung oder Entfernung der Körper auftretende oder verschwindende Energie lieferte oder aufnahm. Der Gedanke der Verteilung der Energie an verschiedene Teile der Materie in verschiedenen Räumen wurde ersetzt durch den analytischen Ausdruck der Bewegung, und dieser in der fernwirkenden konstanten Kraft hypostasiert. Die Erfindung der Differenzialrechnung ermöglichte nicht nur, sie erzeugte geradezu die Hypostasierung der Kraft, indem sie lehrte, kausale Beziehungen in Gestalt von Quantitäten darzustellen. Unter dem harten Ringen des europäischen Denkens mit den neuen Problemen der Erfahrung hatte der Geist des Mathematikers diejenige Vorstellungsweise gewonnen, welche das Fluten der Erscheinung, den lebendigen Empfindungsinhalt des Moments, an die Realität des Zahl- und Raumbegriffs zu fesseln vermag. Im Begriffe des Differenzials verlieh das Denken dem Flusse der sinnlich-räumlichen Wirklichkeit den substanzialen Halt, es schuf dem Moment die Realität, welche dem begrifflichen Sein mathematischer Bestimmungen zukommt, ohne ihm den sinnlichen Inhalt zu rauben. Der volle Empfindungsgehalt, welcher der Zeuge ist, dafs Wirkung geübt und erlitten wird, hatte seine Repräsentation im Gröfsenbegriffe gefunden, indem die Mathematik nicht blofs Beziehungen feststellte, welche, wie der Satz des PYTHAGORAS, die substanzielle Zusammengehörigkeit von Begriffen beschreiben, sondern kausale Relationen in die Form von Gröfsengleichungen brachte durch die Verbindung der Differenziale von Wegen und Zeiten. Dadurch ergab sich, nicht ohne eine gewisse innere Berechtigung, der Schein, als genüge die Infinitesimalrechnung allein, Sinnlichkeit zu objektivieren und Physik in der funktionalen Abhängigkeit intensiver Gröfsen zu begründen. Aber eben hieraus entsprang die Notwendigkeit, für die einzelnen Gebiete der Sinnesempfindungen besondere Arten von intensiven Gröfsen zu konsti-

tuieren und sie zum Zwecke der Möglichkeit mathematischer Darstellung als ebensoviel verschiedene Naturkräfte zu hypostasieren. Die Ausbildung der höheren Analysis durch die Bernoullis und ihre Vervollkommnung durch die französischen Mathematiker des 18. Jahrhunderts lieferte das Mittel, die Gesetze der Bewegung besonderer materieller Systeme festzustellen. Man legte für die einzelnen Gebiete der Physik eigne Hypothesen zu Grunde und bekam dadurch mathematische Theorien für die Erscheinungen derselben. Je mehr die mathematische Analysis fortschritt, gewann die analytische Form der Darstellung an Bedeutung und Interesse; damit wurden die Naturerscheinungen aber immer mehr voneinander als Wirkungsweisen besonderer Kräfte geschieden und ihr gemeinsamer Zusammenhang in der Bewegung der Atome und der Verteilung ihrer Energie geriet in Vergessenheit, weil man seiner zunächst nicht bedurfte. Es gab auch genug zu thun, in den gesonderten Gebieten der Physik die Vorgänge mechanisch darzustellen, und die Wechselwirkung dieser so konstruierten Naturkräfte brauchte noch nicht in Betracht gezogen zu werden, zumal der empirische Nachweis für eine quantitative Gesetzlichkeit in derselben noch fehlte.

Die Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents in diesem Jahrhundert und der Nachweis der konstanten Beziehung zwischen kinetischer Energie und Wirkungsfähigkeit für alle Gebiete der Physik, die quantitative Vergleichung der Leistung der verschiedenen Naturkräfte brachte erst wieder den Energiebegriff in neue Aufnahme. Es ist vom gröfsten Interesse zu sehen, wie in den komplizierten Verhältnissen und den erweiterten Aufgaben der modernen Physik doch der prinzipielle Grundgedanke wieder ganz derselbe ist wie bei der Ableitung der Stofsgesetze durch Huygens: die gesetzliche Feststellung des Übergangs der Energie zwischen verschiedenen materiellen Systemen. Unter dem Einflusse der Vorstellung fernwirkender Kräfte entstand zunächst der Begriff der Energie der Lage oder der potenziellen Energie, ein notwendiger Begriff für die Newtonsche Physik, der daher schon bei Daniel Bernoulli sich findet. Denn wenn die Energie der Bewegung kein materielles Mittel besitzt, an welches sie abgegeben werden kann, so mufs der bei der Leistung von Arbeit auftretende Verlust

an kinetischer Energie in irgend einer andren Weise als Gröfse definiert werden, und dies eben geschieht im Begriff der Wirkungsfähigkeit oder potenziellen Energie. Der Name rührt von Rankine her. Das Gesetz der Energiemitteilung erscheint dann in der Form, dafs die Summe von kinetischer und potenzieller Energie konstant bleibt. Nun ist aber nicht blofs die Atombewegung des Mittels unbekannt, welches den Vorratsspeicher für die Gravitationsenergie bildet, und dessen unbekannte Bewegung unter dem Begriff der potenziellen Energie quantitativ repräsentiert wird, sondern auch in den einzelnen Zweigen der Physik zeigen sich Wirkungen, die auf noch unbekannten Bewegungen der Teilchen der Körper oder des Äthers beruhen, in Wärme, Elektrizität u. s. w. Was von ihnen in die Erscheinung tritt, ist nur die Wechselwirkung der verschiedenen Naturkräfte untereinander, die Thatsache, dafs bestimmte Energiebeträge verschwinden, erscheinen und ausgetauscht werden, und dafs Wärmewirkungen, elektrodynamische Vorgänge etc. diesem Gröfsengesetz unterliegen. Es werden daher in Ermangelung der Kenntnis der mechanischen Grundlage dieser Vorgänge die Wechselbeziehungen als ein Übergang einer Energieform in eine andre aufgefafst, und es entsteht eine Reihe von solchen Energieformen, welche zu Repräsentationen bestimmter sinnlicher Veränderungen (Wärmezufuhr, Ausdehnung etc.) dienen, indem sie untereinander Gröfsenbeziehungen besitzen. Ohne dafs man weifs, welche Bewegung der Molekeln die Wärmewirkungen verursacht, welche Wechselwirkung unter den Atomen selbst bei den elektrischen Erscheinungen statthat, kann man die beobachtbaren sinnlichen Erscheinungen resp. ihre Veränderungen (wie dQ, TdS, $-pdv$, dE etc.) durch bestimmte analytische Zeichen ersetzen, welche eine Objektivierung derselben darstellen, weil sie die Wandlung der Erscheinungen ineinander durch Gröfsengleichungen ausdrücken. Als Beispiel sei an den von Clausius aufgestellten zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie erinnert, bei welchem das Wärmeelement dQ als eine Gröfse unter Gröfsen auftritt, und ein neuer Begriff, derjenige der Entropie, lediglich analytisch definiert wird. Diese Objektivierung vollzieht das Energiegesetz auf Grund des Denkmittels der Variabilität. Es spricht aus,

welche Gleichung bestehen mufs, d. h. welches Gröfsengesetz den Übergang von Wärme in Arbeit und umgekehrt beherrscht, es reguliert den Wandel der Energieformen. Hierbei ist aber der Energiebetrag eines Körpers stets aufgefafst als die Tendenz der Veränderung enthaltend; die Gleichung zwischen den Differenzialen der verschiedenen Energieformen besteht nur durch das Denkmittel der Variabilität, welches in jedem Energiebetrage das Gesetz seiner Veränderung mitdenkt. Die Anwendung des Satzes von der Erhaltung der Energie auf die Wandlung der Form derselben beruht in der Physik auf der gleichzeitigen Berücksichtigung des Vorhandenseins von Kräften, welche diese Wandlung nach einer bestimmten Richtung hin bedingen. In der modernen Energetik besteht das Energieprinzip in einer quantitativen Relation intensiver Gröfsen, von denen die eine, welche HELM die Intensitätsfunktion nennt, die Tendenz der Veränderung, eine zweite, die Quantitätsfunktion, das konstante Element des Gröfsenkomplexes bestimmt (vgl. II S. 108). So ist bei der Ausdehnung eines elastischen Körpers der Druck, bei einer mechanischen Bewegung die Geschwindigkeit, bei einer Wärmeveränderung die Temperatur diejenige Gröfse, welche die Richtung des Energieüberganges bestimmt, während Volumen, Masse, Entropie Gröfsen darstellen, deren konstante Erhaltung die Einheit des Vorganges definiert. Jene den Übergang bestimmenden Gröfsen sind ursprünglich aus der sinnlichen Erfahrung der Empfindungsänderung entnommen.[1] Wird diese Übergangstendenz von der sinnlichen

[1] Dafs das Energiegesetz in der modernen Physik seine Bedeutung als Gesetz von der Umwandlung der Energie oder von der „Eigenenergie“ besitzt, hat HELM (*Lehre v. d. Energie*) überzeugend nachgewiesen. Vgl. namentlich S. 58, 59: „In der That sind überall, wo das Energiegesetz zur Erweiterung unsrer Kenntnisse über die elementaren Vorgänge beigetragen hat, noch andre Gesetze im Spiel gewesen, welche die Tendenzvorstellungen in sich schliefsen. Bei den Begründern des Energiegesetzes und in den ersten thermodynamischen Anwendungen ist entweder die Beschaffenheit der Gase herangezogen worden, und dabei messen Druck und Temperatur die Übergangstendenzen, oder das Entropiegesetz wurde zu Hilfe genommen, und damit die Tendenz der Wärme durch die Temperatur gemessen. Bei allen in das Gebiet der Mechanik eingreifenden Anwendungen des Energiegesetzes werden geradezu die Vorstellungen von Kraft und Druck benutzt, und es wird stillschweigend als selbstverständlich erachtet, dafs die Umformung von potenzieller und kine-

Vorstellung ganz abgelöst und als Gröfse in das Energiegesetz mit aufgenommen, so erhält dasselbe erst seine reine Form als ein Gesetz, welches die Verwandlung der Energie von einer Form in die andre darstellt, und dadurch seine Anwendbarkeit als Fundamentalgesetz. Die Energieformen bedeuten dabei nur den quantitativen Ausdruck sinnlich verschiedener Empfindungsänderung, und ihre Einführung bietet den Vorteil, diese zu objektivieren, ohne bis auf die elementaren Bewegungen zurückzugreifen. Diese technische Ausdehnung des Energiegesetzes, welche durch die Vervollkommnung der Analyse und die gewaltige Erweiterung der Messung und Beobachtung möglich wurde, ist der eminente Fortschritt der modernen Physik. Aber im Prinzip enthält derselbe keinen neuen Gedanken, sondern nur die Erweiteruug und Klärung dessen, was HUYGENS an den speziell mechanischen Vorgängen nachgewiesen hatte. Das Denkmittel der modernen Energetik ist kein andres als das der Variabilität, das HUYGENS auf das System der Atome anwandte, übertragen auf eine Reihe andrer in der Erfahrung gegebener Gröfsen, während bei ersterem allein Geschwindigkeit, Masse und mechanische Arbeit in Betracht kamen. Um Veränderungen als Gröfsen, als Objekte der mathematischen Naturwissenschaft darzustellen, ist es notwendig, eine gegebene Erscheinung als die T e n d e n z ihrer Fortsetzung in sich enthaltend aufzufassen, jeden Zustand zu denken als Bedingung eines folgenden Zustands; dieser Begriff verleiht ihm die intensive Realität, insofern in ihm jetzt ein selbständiges Sein repräsentiert ist ohne Rücksicht auf die räumliche und zeitliche Ausdehnung, und doch ohne ihn aus dem Kontinuum des Raumes und der Zeit zu lösen. Die Kausalität ist nicht die Bedingung hierzu, sondern Bedingung ist die Kontinuität des Bewufstseins, die als Denkmittel der Variabilität konstitutiv wird; durch dieses Denkmittel erst ist es möglich, die Zustände

---

tischer Energie, wenn sie möglich ist, auch eintritt in dem durch die Richtung der Kraft bestimmten Sinne. Auch das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten ist ohne weiteres einleuchtend nur insofern man anerkennt, dafs der Energiezustand sich ändert, wenn er sich ändern kann, dafs er B e s t r e b e n h a t z u r Ä n d e r u n g. Die Analyse der Erscheinungen führt immer auf solche v i r t u e l l e W i r k u n g e n oder T e n d e n z e n zu Wirkungen; es ist die Kausalität, die uns nötigt, die Wirkungen der einzelnen Energieformen uns virtuell vorhanden zu denken."

des Seienden als kausal verknüpfte zu denken; die Variabilität ist eine Bedingung für die Kausalität, sie bedeutet nicht notwendig kausale Veränderung, sondern funktionale Veränderung überhaupt, die freilich in der Natur immer zugleich unter dem Grundsatze der kausalen Wechselwirkung steht.[1]

Wenn sich nun die sinnliche Erfahrung in den Gesetzen der Energetik mathematisch darstellen und somit objektivieren läfst, so wird es scheinen, als sei die Aufgabe der Theorie der Materie damit erledigt und die Forderung der kinetischen Atomistik mindestens überflüssig. In den analytischen Ausdrücken für die Centralkräfte und ihre Potenziale, für kinetische und potenzielle Energie, Entropie, Stromstärke, Leitungswiderstand u. s. w. sei ja die Objektivität der Natur nach den Grundsätzen einer kritischen Erkenntnistheorie gewährleistet. Es hat sich jedoch gezeigt, dafs die Einheit der Wissenschaft die Möglichkeit der Vereinigung der speziellen Gebiete der Physik verlangt, und hier liegt die Aufgabe, welche KANT in seinem unvollendeten Werke *Vom Übergange* hinterlassen hat. Es mufs über der speziellen Physik und auf Grund ihrer Erfahrungen eine philosophische Wissenschaft geben, eine „Propädeutik" zur Physik im KANTschen Sinne, die wir, um den schillernden Namen der Metaphysik zu vermeiden, am besten als Protophysik bezeichnen. Und dafs diese nicht auf einer dyna-

[1] Dies zur Ergänzung von HELM. Es sei gestattet, dem Buche von HELM noch ein Citat aus THOMSON (*On the dynamical theory of heat*) zu entnehmen (S. 35): „Die Eigenenergie eines Körpers in einem gegebenen Zustande soll also den mechanischen Wert aller Wirkungen bezeichnen, welche der Körper beim Übergange aus dem gegebenen Zustande in den Normalzustand erzeugen würde, oder den mechanischen Wert der ganzen Leistung, die nötig wäre, um den Körper aus dem Normalzustande in den gegebenen zu bringen." Die hier geforderte Zusammenfassung der Leistungsfähigkeit in einen Begriff beruht ebenfalls auf dem Grundsatze der intensiven Gröfse, wonach dieselbe als eine aus Momenten erwachsene gedacht wird. Dadurch ist ihre Veränderlichkeit in den Begriff aufgenommen. „Durch welche Energieformen und in welcher Weise auch immer die Eigenenergie eines Systems verändert werde, sie ist doch stets eine nur vom augenblicklichen Zustande des Systems abhängige veränderliche Gröfse; oder das Differenzial der Eigenenergie, genommen nach den Gröfsen, welche den derzeitigen Zustand des Systems charakterisieren, ist ein vollständiges." (HELM S. 42.) Zur Frage nach dem Energiegesetz vgl. u. a. STADLER, *Kants Theorie der Materie*, Leipzig 1883 S. 207—218 und A. ELSAS, *Philos. Monatsh.* XXV. S. 200 f.

mischen Fluiditätstheorie, sondern nur auf einer kinetischen Atomistik beruhen kann, dazu hoffen wir in dieser historischen Untersuchung einen Beweisgrund beigetragen zu haben.

Man pflegt sich heutzutage auch in der Philosophie gegen die Möglichkeit einer allgemeinen Theorie der Materie ablehnend zu verhalten oder die Sache wenigstens als noch nicht spruchreif hinzustellen. Die Theorie der Materie sei eine unvollendbare Aufgabe. Dies aber ist nur richtig, insoweit alle Erkenntnis überhaupt eine unvollendbare, unendliche Aufgabe ist; es schliefst nicht aus, dafs innerhalb der gegebenen Erfahrungsdaten die Einheit aufgefunden werde, welche dieselben zur Möglichkeit der Naturwissenschaft verbindet. Und wenn man erwägt, ob wohl auch auf einem Systeme ganz andrer Prinzipien eine widerspruchslose Auffassung der Erscheinungen zustande kommen könnte,[1] so haben wir in Übereinstimmung damit im ersten Buche ausdrücklich die Relativität des Naturbegriffs überhaupt betont. Eine widerspruchslose Auffassung der Naturerscheinungen auf einem andren Prinzipe heifst eine andre objektive Natur schaffen; wenn ein Zeitalter in dieser Hinsicht über die moderne Naturwissenschaft hinwegschreitet, wie diese über Aristoteles, so setzt doch dies immer voraus, dafs erst jenes System vorhanden ist. Es bleibt also die Aufgabe, für eine gegebene Naturerfahrung das entsprechende System zu bestimmen. Wir haben dies für die moderne Entwickelung versucht, die von Galilei und Huygens abhängig ist, und als dieses System die kinetische Atomistik gefunden. Für die kinetische Theorie bestehen aber immer die objektivierten Erscheinungen als aktuelle Energie der räumlichen Bewegung, und die Energieformen gelten nur als ein Hilfsmittel der Rechnung. Sie sind Begriffe von analytischer Geltung, nicht von transcendentaler; diese kommt allein den Begriffen der Substanz, der Gröfse, der Realität und Wechselwirkung zu, verbunden durch die Variabilität, und sie sind bereits in dem Huygensschen Gesetze von der Erhaltung der Kraft ausgedrückt, welches den räumlichen Übergang der Energie, die Tendenz derselben zur gesetzlichen Veränderung bestimmt.

---

[1] Vgl. Wundt, *System.* S. 470. Über Wundts Bedenken gegen die kinetische Atomistik s. m. Abh. *Zur Rechtfert. d. k. A.*, *V. f. w. Ph.* IX S. 148 u. S. 160.

Es ist vielleicht, um Mifsverständnisse zu vermeiden, nicht überflüssig, wiederholt darauf hinzuweisen, dafs die transcendentalen Bedingungen der Erfahrung und ihre historisch sich entwickelnde Erkenntnis zwei verschiedene Dinge sind. Niemals darf die kritische Philosophie sich anmafsen, jene Bedingungen und die Prinzipien der Physik a priori bestimmen zu wollen, sondern sie kann dies immer nur an dem historischen Prozefs; und wie die physikalische Erkenntnis sich geschichtlich entwickelt, wird auch immer die Lehre historisch sich wandeln, welches der Inhalt der transcendentalen Bedingungen der Erfahrung sei. Nicht, wie im Bewufstsein der Menschheit einer gegebenen Epoche die Prinzipien wissenschaftlicher Erkenntnis formuliert sind, sondern dafs sie formuliert sein müssen, dafs es eine ewige Bestimmung für die Richtung des Bewufstseins, ein oberstes Gesetz der Objektivierung gibt, ist der Wesensunterschied der transcendentalen Prinzipien von dem Wandel der Theorien. Aber da sich die formalen Bedingungen der Erfahrung nur an einem Inhalte darstellen lassen, so bleibt die Aufgabe, diesen Inhalt an einer Thatsache, wie sie die Entstehung der modernen Naturwissenschaft bietet, festzustellen. Erst diese Untersuchung zeigt, dafs die Einheitsbeziehungen des Bewufstseins, welche wir Denkmittel nannten, einen über den speziellen theoretischen Inhalt hinausgehenden Geltungswert besitzen. Welche Denkmittel neu entdeckt, welche aus dem Bewufstsein der Menschheit verschwinden werden, ist eine unlösliche Frage; genug, wenn jede Kulturepoche sich der ihrigen bewufst wird als der synthetischen Einheiten, welche im Schwanken und Tasten der speziellen Untersuchungen und Hypothesen die Möglichkeit wissenschaftlicher Erfahrung gewährleisten, indem sie den wechselnden theoretischen Inhalt nicht blofs vom Zufall der Empirie, sondern von einer dauernden Richtung des Bewufstseins abhängig erweisen.

Unter diesem Gesichtspunkt zeigt sich der einheitliche Charakter der modernen Physik seit Huygens darin, dafs sie unter dem Denkmittel der Variabilität im einzelnen festzustellen sucht, wie die Tendenz zur gegenseitigen Veränderung gegebener materieller Systeme sich mathematisch darstellen lasse. Sie konnte aber Erfolge darin erst dann erringen, wenn zuvor

in einer Reihe von materiellen Systemen, welche verschiedenen sinnlichen Empfindungsthatsachen entsprechen, die inneren Veränderungen erforscht waren; dies wurde durch die Ausbildung der Analysis und die Hypothese der Centralkräfte ermöglicht, aber dadurch wurden eben eine Reihe von Naturkräften geschaffen, denen nunmehr die Energetik besondere Energieformen zuschreiben mufste, und die es schliefslich auf die fundamentale Form der kinetischen Energie zurückzuführen gilt. Deswegen erscheint die kinetische Atomistik zugleich als Bedingung und als Ideal der physikalischen Erfahrung. Bedingung ist sie insofern, als sie identisch ist mit dem Grundsatze, dafs alle Realität des Naturgeschehens nur beruhen kann auf einen gesetzmäfsigen Wechsel der Verteilung intensiver Gröfse im Raume, deren Möglichkeit geknüpft ist an den substanziellen Bestand räumlicher Individuen. Ideal der Physik ist sie insofern, als es die mit der Ausdehnung der Empirie sich stets erweiternde Aufgabe der Wissenschaft bleibt, die beobachteten sinnlichen Erscheinungen so zu zergliedern, dafs sie den möglichen Bewegungen der Raumteile zugeordnet und demnach durch mathematische Gesetze bestimmt werden können.

Wenn die moderne Physik wenig Interesse zeigt, die letzten Verhältnisse der Atombewegungen durch passende Hypothesen aufzuhellen, um sie der Erklärung der Erscheinungen zugrunde zu legen, so zeigt dies nur, dafs wir von jenem Ideale noch entfernt sind: dafs wir ihm aber uns nähern, ergibt sich gerade aus dem Bestreben, die in die Ferne wirkenden Kräfte durch die Vorstellung von Energieübertragung zu ersetzen. Denn die Umwandlung der verschiedenen Energieformen ineinander wird immermehr das Bedürfnis hervortreten lassen, die Einwirkung der materiellen Teilchen auf ihre unmittelbare Berührung (in unendlichkleiner Entfernung) zurückzuführen, weil, wie es scheint, die elektrischen Erscheinungen auf eine Veränderung des Mittels hinweisen, in welchem sie vor sich gehen.[1] Wird aber für eine Energieform von kosmischer Bedeutung, wie die Elektrizität, eine Übertragung des Mittels von Teilchen zu Teilchen in der Zeit nachgewiesen, so ist

[1] Vgl. Planck, *Erh. d. Energie.* S. 242 ff.

damit auch für die Gravitation und die andern auf Fernwirkung basierten Naturkräfte die Abhängigkeit von einem vermittelnden Agens nahegelegt, und der Hilfsbegriff der potenziellen Energie wird wieder ersetzt durch die kinetische Energie des Mittels. Mag daher immerhin die mathematische Physik gegenwärtig es für wertlose Spekulation erachten, Hypothesen über die Natur der Atome aufzustellen, so kann dies nichts gegen das Interesse der Erkenntniskritik besagen, in der kinetischen Atomistik die rationale Grundlage aller Theorie der Materie zu sehen. Die Physik hat durch das Energiegesetz die Möglichkeit, sich über die Hypothesen der Atomistik hinwegzusetzen, und sie ist vollkommen im Recht, wenn sie das thut und sich damit begnügt, die Energiebeträge zu formulieren, deren Austausch den Wechsel der sinnlichen Erscheinung in einem Gröfsengesetze darstellt. Da aber jede Objektivierung der Natur im Raume stattfinden mufs, so wird auch immer die Energie an den Raum gebunden sein, und es werden daher immer diejenigen Betrachtungen das Energiegesetz sichern, welche in demselben ein Gesetz über die räumliche Verteilung der Realität erkennen. Weit entfernt, Hypothesen über die Atome aufzustellen oder der Physik ins Handwerk zu pfuschen, will die Erkenntniskritik nichts andres, als aus dem Faktum der Entwickelung der Physik zur Wissenschaft die Denkmittel herausschälen, die dasselbe ermöglichten; und sie kommt dabei zu dem Resultate, dafs dieselben in den Prinzipien der kinetischen Atomistik sich am vollständigsten erkennen lassen und daher immer auf diese zurückweisen.

Wenn wir nun in der Aufstellung des Satzes von der lebendigen Kraft bei Huygens und dem axiomatischen Werte, welchen er demselben beilegt, den Ausdruck des Bedürfnisses erkennen, die Mitteilung der Bewegung von Raumteil zu Raumteil durch ein Gesetz zu bestimmen, abgesehen von jeder sinnlichen Vorstellung über die dabei sich abspielenden Vorgänge, so dürfen wir sagen, dafs die Erkenntnismittel der Physik im Prinzipe damit vollendet sind. Aber wir sahen freilich auch, dafs die Anwendung derselben auf die Erfahrung noch tiefer und umfassender Gedankenarbeit bedurfte, wie sie in der Entwickelung der höheren Analysis vorliegt, und dafs

diese mathematische Arbeit auf Jahrhunderte hinaus ihren prinzipiellen Ursprung verdeckte. Die Äthertheorien Huygens' konnten ohne jene analytische Hilfe nicht vervollkommnet und zur Darstellung der Einzelerscheinungen ausgebildet werden. Dies ist der innere Grund, weshalb zunächst Huygens hinter Newton verschwindet, so dafs der letztere als der eigentliche Nachfolger Galileis erscheint. Wir glauben aber, dafs die Newtonsche Physik nur ein Übergangszustand ist, von welchem aus man mit vervollkommneten Hilfsmitteln und Erfahrungen zu den Huygensschen Prinzipien zurückkehren wird. Die Fruchtbarkeit der letzteren hat bereits die kinetische Gastheorie erwiesen, und ihr inniger Zusammenhang mit der mechanischen Wärmetheorie und dieser mit der Energetik überhaupt wird sicherlich zu einer Umformung derselben im oben angedeuteten Sinne hinführen.

Huygens Ruhm als Entdecker in der experimentellen wie in der theoretischen Physik ist so fest und begründet, dafs er hier keiner Lobrede bedarf. Die Geschichte der Korpuskulartheorie jedoch darf in ihm mehr sehen als den grofsen Mechaniker, sie mufs ihn als den Genius betrachten, welcher sie vom Range einer veranschaulichenden Hypothese zur Würde der Wissenschaft erhob. Aber das Geschick, welches über dem europäischen Denken waltet, wollte es, dafs sie ihr hohes Amt nicht antreten sollte. Die Geistesarbeit, welche zur Behauptung desselben notwendig gewesen wäre, führte zunächst auf Probleme, deren glückliche Lösung die dynamische Atomistik zur Herrschaft brachten. Huygens' Theorien wurden wenig beachtet, aber seine Gedanken gingen darum nicht verloren. Daniel Bernoulli, Euler vor allen, Lesage und andre kamen auf sie zurück; aber eine vollständige Theorie des Äthers bleibt eine Aufgabe der Zukunft. Bisher hat die dynamische Theorie überall die rein kinetischen Prinzipien noch so stark durchsetzt, dafs man in Huygens mit dem Höhepunkt zugleich den vorläufigen historischen Abschlufs der Korpuskulartheorie sehen mufs. Die Korpuskulartheorie hat damit wie vielleicht keine andre Disziplin das Gepräge einer in sich abgeschlossenen Entwickelung gewonnen; ihre einzelnen Phasen zeigen, trotz der Komplikation der Gedankengänge, welche sich im Problem des Körperbegriffs kreuzen, eine fast

an die Formen eines Kunstwerks erinnernde Steigerung bis zur Vollendung durch HUYGENS. Sie bietet sich daher der historischen Darstellung als ein äufserst geeignetes Objekt dar. Mit HUYGENS' Tode, mit dem Ende des 17. Jahrhunderts beginnen die dynamischen Vorstellungen die Oberhand zu gewinnen. Hieraus leitet der Geschichtsschreiber der kinetischen Atomistik das Recht ab, mit HUYGENS die Darstellung der Korpuskulartheorie abzubrechen. „Von allen, welche jemals die Atome als Behauptung aufrecht erhalten haben, hat, wie ich glaube, es niemand mit gröfserer Kenntnis der Ursachen gethan und mehr zur Beleuchtung beigetragen, als Sie, mein Herr." So schreibt LEIBNIZ an HUYGENS,[1] und dieses Urteil wird bestehen bleiben.

---

[1] *Math. Schriften* II p. 155. 10/20. Mars 1693.

Fünftes Buch.

Der Übergang zur dynamischen Theorie der Materie.

Erster Abschnitt.

Die Realität der Wechselwirkung in der Umbildung des Cartesianismus.

1. Ausblick.

Man wird stets ein einseitiges Bild von der Geschichte der Philosophie im 17. Jahrhundert erhalten, wenn man die in der Physik liegenden Wurzeln ihres Grundproblems aufser acht läfst, aus welchen die Korpuskulartheorie hervorgewachsen war. Durch dieselbe hing die Frage nach der Realität der Wechselwirkung in der Körperwelt aufs engste mit den Fortschritten der Naturerkenntnis zusammen, so dafs sie nicht weniger vom physikalischen als vom metaphysischen Interesse bewegt wurde. Erstens mufste der Nachweis geführt werden, dafs die Annahmen über die Theorie der Materie wirklich ausreichten und notwendig waren, um die empirischen Erscheinungen der Natur zu erklären; das war Sache der Physik und Mathematik. Zweitens mufsten jene Annahmen als Weltgesetze im Begriffe fundiert und mit den Forderungen des Gemüts in Einklang gebracht werden. Das war die Aufgabe und das treibende Motiv der Philosophie. Beide Aufgaben waren innerhalb des hier von uns betrachteten Zeitraums unlösbar; erst die kritische Philosophie vermochte die Bedingungen der Erkenntnis zu ermitteln, die zu einer fruchtbaren Behandlung des Problems erforderlich waren. Und dies ist der Grund, weshalb wir die Korpuskulartheorie, welche das Material für jene Untersuchungen darzubieten hatte, ihrem Verfalle entgegenschreiten sehen.

Huygens hatte die der Physik zufallende Aufgabe so weit gefördert, als es überhaupt möglich war; die vorläufige Resultatlosigkeit seiner Entdeckungen war durch die noch fehlende Ausbildung des mathematischen Calcüls im wesentlichen bedingt. Der Philosophie aber mangelte einerseits die kritische Grundlage, andrerseits war sie durch das theologische Interesse vielfach beengt. Die substanziellen Formen des Aristoteles waren zwar im Sinne ihres Urhebers vorläufig verschwunden, aber sie waren noch nicht ersetzt. Sie hatten dazu gedient, die Realität in der Synthesis der Körper zu garantieren, indem sie die substanziellen Einheiten für die Vielheit der sinnlichen Veränderungen hergeben sollten. Dieses Band fehlte noch der mechanischen Naturerklärung, es fehlte der Begriff, welcher die kausale Veränderung als eine auf Realität gegründete Wirklichkeit erkennen liefs. Dieser Begriff mufste in der Bewegung gewonnen werden, und wir haben gesehen, wie, auf Galilei gestützt, Huygens in den Prinzipien der Mechanik jene Realität entdeckte. Da aber diese Erkenntnis der Vorbedingungen zu ihrer Fortbildung und Anerkennung entbehrte, so sehen wir gleichzeitig neben der wissenschaftlichen Ausbildung der Korpuskulartheorie Metaphysik und Naturforschung andre Wege einschlagen, welche im Vergleiche zu der Huygensschen Richtung als rückläufige Bewegungen bezeichnet werden müssen. Die beiden grofsen Namen, an welche sich dieselben knüpfen, sind Leibniz und Newton. Diese Männer vollziehen die Umwandlung der Korpuskulartheorie, welche sich gleichzeitig vonseiten der Metaphysik wie der Physik in derselben vorbereitete. Der philosophische Umwandlungsprozefs der Korpuskulartheorie schliefst sich in der Hauptsache an die Entwickelung des Cartesianismus an, der physikalische an den Gebrauch und Mifsbrauch der Hypothese in Physik, Chemie und Medizin. Der erstere spielt sich in dem Bestreben ab, die Wechselwirkung der Substanzen zu entdecken, und führt durch den Occasionalismus und Spinoza zu Leibniz: der zweite dokumentiert die Ohnmacht der Hypothese der rein mechanischen Wechselwirkung zur Erzeugung einer mathematischen Naturwissenschaft und bewirkt in der mathematischen Entdeckung der Gravitation durch Newton die Reaktion gegen die kinetisch-korpuskularen Hypothesen. Beide Entwickelungen begegnen sich in ihrem

Resultate: in der Schöpfung einer dynamischen Theorie der Materie. Beiden gemeinsam ist die Verquickung mit dem theologischen Interesse, das sich nur dann für befriedigt erklären will, wenn die Wechselwirkung der Körper durch dynamische Einheiten garantiert wird, welche nicht in, sondern hinter der Materie liegen und somit als unmittelbare Bethätigung des schöpferischen Geistes begriffen werden können. Die fernwirkenden Centralkräfte Newtons und die metaphysischen Punkte Leibnizens unterscheiden sich von den substanziellen Formen dadurch, dafs sie innerhalb des Empirischen die Anwendung der Mathematik gestatten, lassen aber gleichzeitig eine metaphysische Deutung im theologischen Interesse zu. Durch letzteres führen sie von dem direkten Fortschritt erkenntniskritischer Entwickelung ab, durch ersteres aber werden sie selbst Elemente eines neuen Fortschritts, indem die Ausbildung der mathematischen Physik eine notwendige Stufe darbietet, um die von Huygens erklommene Höhe zur breiten Heerstrafse der Naturerkenntnis zu machen. Der Weg führt also, um im Bilde zu bleiben, nicht im Kreise zum Ausgangspunkte zurück, sondern steigt wie eine Schraubenlinie in die Höhe. Den innern Zusammenhang jener Entwickelungen zu durchschauen wird durch die Beziehung zur Mathematik wesentlich erschwert; denn dieselbe Richtung des Denkens, welche Leibniz und Newton zu einer metaphysischen Begründung der Realität der Wechselwirkung führt, ist in diesen Forschern thätig, wenn sie den Begriff des Infinitesimalen zum Instrument der Rechnung gestalten. Die Entdeckung des Differenzials beruht auf demselben Denkmittel, welches die Realität der Bewegung im Prinzip der gesetzlichen Veränderung erkenntniskritisch zu fundieren vermag und nur unter dem wesentlichen Einflufs des theologischen Interesses in den beiden grofsen, noch unter dem Banne des dogmatischen Realismus stehenden Denkern eine Richtung erhielt, die sie zu ihrer metaphysischen Substanzialisierung im Begriffe der Kraft geführt hat.

Beide Entwickelungen, welche wir hier kurz zu skizzieren versuchten, greifen selbstverständlich sowohl in den diskutierten Fragen als in den persönlichen Beziehungen aufs engste ineinander. Um die historische Übersicht zu erleichtern, haben wir sie in der Darstellung möglichst zu trennen gesucht. Wir

berichten daher zunächst über den Ausgang der Korpuskulartheorie in der cartesischen Schule und schliefsen diese Entwickelung mit dem Übergange, welchen LEIBNIZ in seinem eigenen System von der kinetischen Theorie der Materie zur dynamischen Fundierung derselben vollzieht. Sodann verfolgen wir den Verfall der Korpuskulartheorie in den Hypothesen der Naturforscher und beenden unsere Arbeit mit der Schöpfung der dynamischen Korpuskulartheorie durch NEWTON.

2. Cartesianer.

Der Einflufs der cartesischen Philosophie machte sich bekanntlich schon zu DESCARTES' Lebzeiten in den weitesten Kreisen bemerklich; wir erinnern an seine beiden fürstlichen Schülerinnen, die Prinzessin ELISABETH, Tochter FRIEDRICH V. von der Pfalz, welche während ihres ganzen Lebens, auch noch als Äbtissin von Herforden in Westfalen eine Freundin des Cartesianismus blieb, und an die Königin CHRISTINE von Schweden, Tochter GUSTAV ADOLFS, an deren Hofe den Philosophen der Tod ereilte. An den Universitäten herrschte der Cartesianismus zuerst in Holland, wo DESCARTES' unmittelbarer Schüler RÉNERI zu Utrecht lehrte, jedoch schon 1639 an seinem Hochzeitstage[1] starb. Gleichzeitig aber war DESCARTES' Lehre daselbst durch VAN ROY, gewöhnlich REGIUS genannt, vertreten, der, zuerst ein eifriger Schüler von RÉNERI und DESCARTES, mit letzterem zerfiel, als er ihn durch seinen Übereifer in unangenehme Streitigkeiten mit VOËTIUS und SCHOOCK verwickelte.[2] DESCARTES hielt es für nötig, die *Fundamenta physicae* (1646) von REGIUS in der Vorrede zur französichen Übersetzung seiner *Principien* ausdrücklich zu desavouieren, weil er „einige metaphysische Wahrheiten, auf die sich die ganze Physik stützen müsse," in Abrede gestellt habe.[3] Noch entschiedener und ausführlicher geschieht dies in der Zurückweisung des von

[1] GASSENDI *Op.* VI p 28b.

[2] Ausführliches über die Streitigkeiten bei BOUILLIER, MILLET und KUNO FISCHER. Wir haben uns hier auf die physikalische Seite der Fragen zu beschränken.

[3] *Oeuvr.* de DESCARTES, ed. COUSIN. III p. 30.

REGIUS 1647 in Utrecht verbreiteten Anschlages *Explication de l'esprit humain, ou de l'âme raisonnable*, bei welcher Gelegenheit DESCARTES sagt, er halte sich für verpflichtet, alle diejenigen, die REGIUS für einen grofsen Verteidiger seiner Ansichten hielten, davon zu benachrichtigen, dafs es fast keine seiner Meinungen gebe, die jener nicht schlecht darlege und dem Sinne nach verderbe, nicht blofs in den metaphysischen Sätzen, sondern auch in den auf die Physik bezüglichen.[1] Jedoch besteht die wesentliche Abweichung in der Auffassung des Verhältnisses von Geist und Körper, in welcher Hinsicht REGIUS erklärt hatte, dafs der Geist ein Modus der körperlichen Substanz sein könne. In Bezug auf physikalische Lehren, welche das Problem der Materie berühren, macht DESCARTES hier keine spezielle Angabe. Allerdings steht REGIUS in seiner Physik durchaus auf cartesischem Boden, doch findet sich in seinem Hauptwerke[2] eine eigentümliche Abweichung von DESCARTES, welche für das Problem des Körpers von Bedeutung ist und hier nicht übergangen werden darf. Es ist dies die Auffassung, welche REGIUS von der Bewegung und Ruhe hat.

Unter Bewegung versteht REGIUS wie DESCARTES nur die räumliche Bewegung und zwar die Übertragung eines Körpers von einer Nachbarschaft in die andre, aber durch einen inhärenten Impetus, d. h. durch eine Kraft in dem bewegten Körper, vermöge deren er, solange sie in ihm besteht, von Ort zu Ort getragen wird.[3] Dieser Impetus der Translation unterscheidet sich von der Translation selbst wie das Denken vom Gedanken. Je nach der Gröfse des Impetus wird der Körper mehr oder weniger heftig bewegt. Der Impetus unterscheidet den bewegten von dem nur bewegt scheinenden Körper, die absolute und die relative Bewegung. Dieser Impetus beharrt in den Teilen der gesamten Materie, wie er ihnen von Gott bei der Schöpfung in gewisser Quantität gegeben worden, nach dem Gesetze der Unveränderlichkeit der

---

[1] *Oeuvr.* X p. 104.

[2] HENRICI REGII Ultrajectini *Philosophia naturalis, in qua tota rerum universalitas per clara et facilia Principia explanatur.* Amstel. 1661. Ob sich dieselben Annahmen schon in den *Fundamenta physicae* von 1646 befinden, konnte ich nicht feststellen, da mir das Buch nicht zugänglich war.

[3] *Philos. natur.* l. I c. 5. p. 13.

Natur in demselben Grade der Quantität.[1] Er kann an den einzelnen Teilen der Materie nur durch Hinzukommen oder Abgang des Bewegungsimpetus verändert werden, so dafs ohne dies keine Veränderung in der Bewegung eines Körpers eintritt; er kann aber von einem Teil der Materie auf den andren übergehen. Diese Erhaltung des Impetus bezieht sich in gleicher Weise auf das anorganische wie das organische Gebiet; niemals wird ein neuer Impetus geschaffen. Trifft ein Geschofs einen Sandhaufen, so geht der Impetus nicht verloren, sondern wird auf den Staub, von da auf die Luft, die Erde übertragen und nur für die Sinne nicht mehr wahrnehmbar. Die Erhaltung des Impetus wird in vollkommene Parallele mit der Erhaltung der Materie gestellt. Der Impetus braucht jedoch nicht proportional der Gröfse des Körpers zu sein, ein kleinerer Körper kann einen viel heftigeren Impetus haben als ein gröfserer.[2]

Das Gesetz der Beharrung und der Zusammensetzung der Bewegungen wird klar ausgesprochen;[3] eine krummlinige Bewegung kann nur durch den Widerstand äufserer Körper entstehen.[4] Zug gibt es nicht, sondern nur Stofs. Der Druck besteht in häufigen und schnell wiederholten Pulsionen, so dafs der Körper nicht sichtbar vom Orte bewegt, sondern nur unwahrnehmbar erschüttert wird. Die Geschwindigkeit entsteht durch Addition des Impetus.[5]

Regius hat es also vermieden, die Bewegungsgröfse als das Mafs für die sich erhaltende Bewegung einzuführen; er hat bemerkt, dafs die sich erhaltende intensive Gröfse der Geschwindigkeit nicht einfach proportional ist. Aber es fehlt ihm an jeder mathematischen Bestimmung über das Mafs der Bewegung, und diese Unbestimmtheit sucht er dadurch mit den Thatsachen in Übereinstimmung zu bringen, dafs er den Impetus auch nicht proportional der Menge der Materie annimmt. Der Impetus oder die bewegende Kraft ist vielmehr bei ihm bereits etwas vollständig von der Materie Unabhängiges geworden, das in verschiedenen Graden als eine besondere Realität von Teil zu Teil in der Materie wandert. Der

[1] A. a. O. p. 14. — [2] A. a. O. p. 17. — [3] A. a. O. p. 20.
[4] A. a. O. p. 23. — [5] A. a. O. p. 25.

REGIUSsche Impetus ist der Absicht nach ganz das, was wir als Energie bezeichnen, nur mit dem ausschlaggebenden Unterschiede, daſs REGIUS der mathematische Ausdruck für das Maſs desselben, die funktionelle Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, vollkommen verborgen geblieben ist. Diese mathematische Schwäche zeichnet überhaupt die REGIUSsche Physik aus. Es verleiht ihr aber die Aufstellung einer selbständigen Realität als die Bedingung der Veränderung in der Materie eine Eigentümlichkeit, die über DESCARTES hinaus auf die Versuche hinweist, in der Kraft jene Realität zu verselbständigen. Diese Geneigtheit, die Bewegungsursache zu substanzialisieren, zeigt sich noch auffallender in der REGIUS eigentümlichen Auffassung der Ruhe.

Die Ruhe ist nach REGIUS etwas durchaus Positives; sie ist das Verharren des Körpers an demselben Orte kraft einer ihm inhärenten Hemmung (sufflamen); diese Hemmung ist eine Kraft, welche ein Mehr oder Minder der Wirkung besitzt, den Körper an seinen Ort zu fesseln.[1] Sie ist von Gott der Materie in bestimmtem Grade eingepflanzt und verharrt im Körper, solange sie nicht von einem stärkeren Bewegungsimpetus ausgetrieben wird. Wenn dies geschieht, so geht das *Sufflamen* aus dem bewegten in den bewegenden Körper über. Die Ruhe besitzt daher verschiedene Gröſse, wie die Bewegung, ohne daſs dieselbe der Gröſse des Körpers proportional zu sein braucht. Ein kleinerer Körper kann unter Umständen eine gröſsere Kraft der Ruhe haben als ein gröſserer, so daſs er selbst von einem gröſseren nicht bewegt werden kann.

Allerdings hatte DESCARTES[2] diese Richtung in der Auffassung der Ruhe veranlaſst, indem er von einer gewissen Kraft des Ruhenden spricht, in seiner Ruhe zu verharren und der Bewegung zu widerstehen; aber er hatte diesen Widerstand doch nur von der Gröſse des Körpers abhängig gemacht. REGIUS geht darin weiter. Indem er den Widerstand gegen die Bewegung als eine positive Kraft, unabhängig von der Menge der Materie, substanzialisiert, als eine Hemmung oder eine Art

[1] A. a. O. p. 46. Per inhaerens sufflamen intelligo vim in corpore existentem, qua illud in eodem loco, vel magis, vel minus retinetur.

[2] *Princ.* II, 43.

Raumadhäsion (um einen modernen Ausdruck zu gebrauchen, eine Erfindung, die also hier einen alten Vorgänger antrifft), setzt er sich in den Stand, einen vielfach gegen Descartes vorgebrachten Einwand zu widerlegen. Descartes hatte die Kohäsion allein aus der Ruhe der Teilchen gegeneinander abgeleitet und konnte infolgedessen nicht erklären, warum es unter Umständen so viel schwieriger sei, von einem ruhenden Körper einen Teil abzutrennen, als den ganzen Körper in Bewegung zu versetzen. Deshalb hat Leibniz später seinen *motus conspirans* erfunden. Regius sagt, da die Ruhe eine positive Eigenschaft ist, die Quantität besitzt, so kann die Ruhe der Teilchen eines Körpers gegen- und untereinander gröfser sein, als die Ruhe des ganzen Körpers relativ zu den ihm benachbarten Körpern;[1] mit andern Worten, die gegenseitige Kohäsion der Teile kann gröfser sein als die Adhäsion des Körpers an der Umgebung. Ein einfacher Körper braucht darum nicht unteilbar zu sein. Was jedoch diesen Gedanken von der verschiedenen Intensität der Ruhe zu keiner weiteren Entwickelung kommen läfst, ist der Umstand, dafs es Regius ebenfalls an jeder mathematischen Feststellung eines quantitativen Gesetzes hierbei fehlt.

Noch eine scheinbar nebensächliche Bemerkung haben wir zu erwähnen, die aber zeigt, wie die cartesische Theorie der Materie — was wir wiederholt zu betonen hatten — immer wieder zur Korpuskulartheorie und zur reineren Atomistik zurückdrängt. Atome und Vacuum gibt es bei Regius ebensowenig wie bei Descartes. Dennoch sieht er sich veranlafst zu sagen: „Obwohl die unmerklichen Partikeln der Materie für gewöhnlich nicht unteilbar zu sein scheinen, so kann es doch einige geben, welche eine so grofse Ruhe ihrer Teile besitzen, dafs in der Natur keine Bewegung existiert, durch die sie geteilt werden können; und dann sind sie in der That Atome, d. h. durch die Natur unteilbare Partikeln."[2] Hierin liegt nach Regius kein Widerspruch; ihre Teile besitzen sie natürlich, wenn sie auch nicht wirklich teilbar sind. Das ist aber alles, was die physikalische Korpuskulartheorie braucht und was schliefslich jede plerotische Theorie zugibt.

---

[1] *Phil. nat.* p. 47. — [2] A. a. O. p. 7.

Ähnlich wie VOËTIUS gegen REGIUS in Utrecht, traten in Leiden in demselben Jahre 1647 die Theologen REVIUS und TRIGLANDIUS gegen HEEREBORD und JEAN DE RAEY und deren cartesianische Neigungen auf; DESCARTES konnte durch persönliches Eingreifen und hohen Einflufs den Sturm beschwichtigen; mit mehr Erfolg erhob sich 1652 PLEMPIUS in Löwen gegen DESCARTES. Im Jahre 1663 wurden DESCARTES' philosophische Werke, darunter auch seine Erklärung gegen REGIUS, auf den Index gesetzt, 1667 die Errichtung eines Denkmals in Paris verweigert, 1669 die cartesische Lehre aus dem *Collège royal*, 1671 von der Universität zu Paris, 1675 von der zu Angers verbannt. In Paris mufste PIERRE SYLVAIN-RÉGIS seine cartesianischen Vorlesungen auf Befehl des Erzbischofs unterbrechen und erhielt erst nach 10 Jahren (1690) mit Mühe die Erlaubnis zur Veröffentlichung seines *Système de philosophie*[1] unter der Bedingung, den Namen DESCARTES aus dem Titel zu tilgen. Die Verfolgungen des Cartesianismus wie auch der gassendischen Atomistik gründeten sich auf theologische Motive und zwar hauptsächlich auf das Bedenken, dafs die Lehre von der Eucharistie durch die cartesische Substanzlehre gefährdet sei. Denn wenn die körperliche Substanz in der Ausdehnung besteht und es keine substanziellen Formen gibt, so ist die Verwandlung von Brot und Wein nicht im Sinne des Transsubstanziationsdogmas möglich, weil sich alsdann unter Beibehaltung der Gestalt von Brot und Wein die Substanz nicht in Leib und Blut Christi verändern kann.[2]

---

[1] *Système de philos., contenant la logique, la métaphysique, la physique et la morale*, Paris 1690. Im folgenden Jahre erschien eine Ausgabe in Amsterdam, deren Titel den Namen DESCARTES' enthält, und nach welcher wir citieren: *Cours entier de philosophie, ou système général selon les principes de M. Descartes, contenant la logique, la métaphysique, la physique, et la morale.* Amsterdam 1691.

[2] Vgl. MORINUS, *Astronomia Gallica*, Hag. Com. 1661. L. IV, c. 2 Vgl. auch oben II S. 186 f. — HUET sagt in der *Censura phil. cartes.*, Helmestadii 1690, p. 82 gegen die Gleichsetzung von Körper und Ausdehnung bei DESCARTES: „Wenn das, was der dreifachen Ausdehnung ermangelt, kein Körper ist, so ist Christi Leib nicht dort, wo er jene Ausdehnung nicht besitzt.“ In die Kategorie der theologischen Physik gehört auch eine Auslassung in dem Buche: GILBERTI AB ISIDOORN, Professoris Hardervіceni *Medulla physicae, generalis.* Hardervici 1658, p. 658, wo es heifst, im Empyreum könnte es vielleicht einen leeren Raum

Die verschiedenen Versuche der Anhänger DESCARTES' durch künstliche Deutungen ihre Physik mit dem Kirchendogma in Einklang zu bringen, glauben wir übergehen zu dürfen, da sie das Problem der Korpuskulartheorie nicht tiefer berühren. Immerhin ist der Einflufs nicht zu unterschätzen, welcher aus dieser steten Rücksichtnahme fliefst und die Ziehung der mechanischen Konsequenzen stört. Aber ungeachtet aller Anfeindungen blühte der Cartesianismus und verbreitete sich in immer weiterem Mafse.

Das verbreitetste Lehrbuch der Physik, welches sich auf durchaus cartesische Anschauungen stützte, war der *Traité de physique*[1] von JAQUES ROHAULT (1620—1675). ROHAULTS Schwiegervater CLERSELIER (1614—1684), Schwager des Cartesianers CHANUT (der als Gesandter in Schweden DESCARTES dort einführte), stand als einer der eifrigsten Cartesianer im Mittelpunkte der Freunde und Anhänger des Philosophen. Das Lehrbuch ROHAULTS erschien zuerst zu Paris 1671, wurde 1674 durch BONET ins Lateinische übersetzt (Genevae 1674), und von ANTOINE LE GRAND, der die erste Übersetzung für vielfach verdorben erklärte, aufs neue lateinisch mit Anmerkungen herausgegeben (Londini 1682).[2]

Das Buch war ein halbes Jahrhundert im Gebrauch der Schulen,[3] bis die cartesische Physik durch die NEWTONsche verdrängt wurde, welche CLARKE in das ROHAULTsche Lehrbuch durch seine Anmerkungen einzuschmuggeln wufste. In elegantem Vortrage und ohne sich auf feinere philosophische Unterscheidungen einzulassen, weifs ROHAULT, aus dessen Vorlesungen in Paris das Buch entstand, die cartesische Physik begreiflich zu machen. Die Frage nach der Unteilbarkeit der

---

geben, wenn nicht dasselbe etwa von einem dünnen luftähnlichen Körper erfüllt ist, „weil sonst dort nichts ist, womit die Hohlräume der Körper der Seligen erfüllt werden könnten, wie Nase, Mund und Ohren."

[1] Mir liegt der Nachdruck vor: *Traité de physique par Jaques Rohault* (2 parties), Amsterdam 1672 (Sur la Copie imprimée à Paris) sowie die lateinische Ausgabe: JACOBI ROHAULTI *physica latine vertit, recensuit et adnotationibus ex ill. J. Newtoni philosophia max. partem haustis amplificavit et ornavit* SAMUEL CLARKE, S. T. P. Lugd. Bat. 1729.

[2] S. *Acta erud.*, 1684, p. 101.

[3] DAMIRON, *Essai s. l'hist. de la phil.* p. 8.

Materie erscheint ihm als eine solche, die zu nichts nütze ist; Ausdehnung, Teilbarkeit, Figur und Undurchdringlichkeit genügen als die wesentlichen Eigenschaften der Materie. Er ist dabei geneigt, den Unterschied gegen ARISTOTELES als wenig erheblich darzustellen; ohne sich zu scheuen, der Autorität desselben entgegenzutreten, weifs er doch von der Neuerung abschreckende Schärfen zu vermeiden. Die Ausdehnung ist Substanz; die Bewegung ist nichts Absolutes, sondern ein Accidens des Körpers, wodurch dem Körper nichts hinzugefügt wird. Die Gröfse der Bewegung ist der Menge der Materie und der Geschwindigkeit proportional und erhält sich. Die Korpuskulartheorie ist die cartesische. In der Ableitung der Gravitation stützt er sich[1] auf den ihm von HUYGENS mitgeteilten Versuch, dessen Darstellung jedoch von letzterem in der Vorrede zu *De causa gravitatis* nicht ganz gebilligt wurde (s. o. S. 343).

Dafs die Ruhe ein positiver Zustand des Körpers ist, findet sich, obwohl sie als von selbst beharrend betrachtet wird, bei ROHAULT nicht besonders hervorgehoben. Dagegen sei hier erwähnt, dafs IGNACE GASTON PARDIES, der bereits bei Gelegenheit der Undulationstheorien (s. II S. 340) angeführt worden ist, diese Eigenschaft der Ruhe als einen positiven Zustand (un état, ou bien une présence) besonders betont. Sie ist der Zustand, demzufolge der Körper immer demselben Orte entspricht, so dafs die Bewegung ebensogut als Aufhören der Ruhe, wie die Ruhe als Aufhören der Bewegung bezeichnet werden kann. Der Körper hat nicht weniger zu thun, seinen Zustand der Ruhe als den der Bewegung in jedem Augenblicke zu erhalten.[2]

Auf die Geschichte des Cartesianismus näher einzugehen[3] ist hier nicht möglich. Wir ziehen als Cartesianer nur in Betracht aufser dem obengenannten RÉGIS (1632—1707), der erst in

[1] *Traité de phys.* T. II, p. 155, 156.

[2] IGNACE GASTON PARDIES, *Discours du mouvement local.* A la Haye 1710. p. 13—15. (Zuerst erschienen 1670.)

[3] Ausführlich berichtet darüber im philosophischen Interesse: BOUILLIER, *Hist. de la phil. Cart.* I p. 254 ff. Vgl. auch DAMIRON, *Essai s. l'hist. de la phil.* T. II. — KUNO FISCHER, *Gesch. d. n. Phil.* I, T. 2. BRUCKER, T. V. p. 255 ff.

Toulouse, nachher an Stelle ROHAULTS in Paris glänzende Vorträge über die cartesische Philosophie hielt und eine Widerlegung des Angriffs von HUET auf DESCARTES schrieb,[1] noch JOHANN CLAUBERG (1622—1665), zuletzt in Duisburg, die beide das von DESCARTES offengelassene Problem der Verbindung der Seele mit dem Körper nach der Richtung zu lösen suchen, daſs die Seele zwar den Körper nicht zu bewegen, wohl aber ihn zu dirigieren und, wie der Kutscher in Bezug auf die Pferde, die Richtung zu beeinflussen vermöge.

RÉGIS suchte in seinem umfangreichen Werke dem Cartesianismus wissenschaftlichen und systematischen Charakter zu geben. In der Physik herrscht der volle Mechanismus, und im allgemeinen der engste Anschluss an DESCARTES, den RÉGIS nur verläſst, wo die inzwischen erfolgten Entdeckungen dies verlangen. Jedoch finden wir überall das Streben nach einer schärferen Scheidung der Begriffe, und dies macht sich besonders bei der Bewegungslehre bemerklich, in welcher DESCARTES Veranlassung gegeben hatte, die Ruhe als eine positive Kraft aufzufassen. Man sieht das Bestreben, der unklaren Vorstellung einer positiven Ruhe, welche REGIUS zur Substanzialisierung seiner „Hemmung“ geführt hatte, einen mechanischen Sinn unterzulegen. Es ist dabei bezeichnend, wie hier an Stelle der aktuellen Bewegung überall schon der Begriff der bewegenden Kraft vorherrscht. RÉGIS unterscheidet *Mouvement formel* und *Mouvement efficient* oder *Force mouvante*. In der Ruhe ist nur die erstere aufgehoben, aber die letztere bleibt bestehen; es ist dieselbe Kraft, welche Ruhe und Bewegung verursacht. Der Unterschied ist nur der, daſs man bei der Bewegung die Kraft im bewegten Körper selbst betrachtet, dagegen bei der Ruhe die Kraft in den äuſseren Körpern, welche den ruhenden umgeben. Daher ist in der Ruhe so gut wie in der Bewegung eine positive Kraft und Aktion vorhanden.[2] Es ist jedoch zu unterscheiden zwischen der Ruhe, welche etwa ein Stein in der Mauer besitzt, und zwischen der Ruhe eines Kahns, der mit derselben Kraft von der Strömung abwärts und von dem Winde

---

[1] *Réponse au livre qui a pour titre: Censura philosophiae cartesianae*, Paris 1691.

[2] *Cours entier de philos.* etc. 1691. p. 306—308.

stromaufwärts getrieben wird. Diese Auffassung der Bewegung als Gleichgewichtszustand entgegengesetzter Kräfte erklärt, warum die Cartesianer derselben einen positiven Charakter zuschreiben. Régis versucht nun auch eine mathematische Bestimmung der Ruhe als Gröfse analog der Bewegungsgröfse, aber hierbei zeigt sich gerade noch das Unzureichende der mechanischen Begriffe. Die Gröfse der Bewegung wird definiert als Produkt aus der Gröfse des Körpers und seiner Geschwindigkeit; die Gröfse der Ruhe, welche von der Schwere abhängt, als Produkt aus der Gröfse des Körpers und seinem Gewicht. Dies gilt jedoch, wie Régis hervorhebt, nur von der Ruhe eines Körpers in jenem ersten Sinne, sofern sie von der Schwere abhängt; die Ruhe als Gleichgewichtszustand besitzt keine bestimmbare Quantität, „weil ihre ganze Natur wie in einem unteilbaren Punkte besteht", indem sie durch die geringste Kraft, die von irgend einer Seite mehr hinzukommt, aufgehoben wird.[1]

Die Gesetze der Zusammensetzung der Bewegungen, insbesondere des Stofses, gibt Régis in berichtigter Weise an. Deshalb hat auch Clarke bei seiner neuen Ausgabe der Rohaultschen Physik (s. S. 410 Anm. 1) diese Gesetze dem Werke von Régis, auf das er sich überhaupt häufig bezieht, entnommen.[2]

Clauberg machte durch eine Reihe von Schriften die cartesianische Philosophie besonders schulgerecht. Seine *Physica contracta* gibt den Inhalt der cartesischen Physik in kurzen Sätzen systematisch geordnet. In den *Disputationes physicae* erläutert und verteidigt er einzelne Fragen der Physik und liefert in der *Paraphrasis in Renati des Cartes Meditationes de prima philosophia* eine ausführliche Umschreibung und Erklärung der cartesischen Gedanken im strengen Anschlufs an den Urheber. Zu den *Principien* hat er kurze Noten veröffentlicht und eine Verteidigung Descartes' gegen Jacob Revius und Cyriacus Lentulus geschrieben.[3]

In der Physik weicht Clauberg nicht von Descartes ab; nur bringt es die schulmäfsige Darstellung mit sich, dafs die

[1] A. a. O. p. 320. — [2] Rohaulti *Physica* 1729. p. 49.

[3] Alle die hier erwähnten Schriften sind enthalten in Joh. Claubergii *Opera omnia philosophica*, cura Joh. Theod. Schalbruchii. Amst. 1691. Die *Physica contracta* erschien zuerst 1664.

logische Gliederung wieder ein Vorherrschen logischer Begriffsbestimmungen nach sich zieht und daher mitunter an die Art erinnert, wie die Physik des ARISTOTELES behandelt wurde. Obwohl sich CLAUBERG dagegen verwahrt,[1] kann man sich doch dem Eindruck nicht verschliefsen, dafs nur DESCARTES an Stelle des ARISTOTELES getreten ist; eine mathematische oder empirische Erforschung der Erscheinungen selbst im Sinne wissenschaftlicher Physik findet nicht statt und in dieser Hinsicht auch keine Förderung des Körperproblems. Als die drei Grundgesetze der Natur stellt CLAUBERG folgende auf: 1. Jedes Ding verharrt in seinem Status der Ruhe oder Bewegung. 2. Jede Bewegung ist an sich geradlinig. 3. Ein Körper, der einem andren stärkern begegnet, verliert nichts von seiner Bewegung, einem weniger starken gegenüber verliert er so viel, als er überträgt.[2] Der Satz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung ist also noch nicht erkannt.

In Bezug auf den Begriff der Ruhe konnten wir bei CLAUBERG die Auffassung derselben als positive Gröfse nicht konstatieren, obwohl er sie der Bewegung als gleichberechtigt gegenüberstellt, wie Identisches und Verschiedenes, Unveränderliches und Veränderliches.[3] Ruhe ist so wenig *Privatio* der Bewegung, wie Bewegung *Privatio* der Ruhe. Sie ist der „negative“ Widerstand und hat Quantität, welche in gewisser Weise der Ausdehnung des ruhenden Körpers entspricht.[4]

Dagegen finden wir die REGIUSsche Auffassung der Ruhe wieder in einem kleinen Kompendium von JOH. HENRICUS SVICERUS, der die cartesische Physik mit den aristotelischen Kunstausdrücken zu verbrämen sucht.[5] Materie und Form werden als Bestimmungen zur Unterscheidung der Arten, also mehr im logischen Sinne, zugelassen.[6] Die Form ist das

[1] *Opera* p. 88. num. 12.

[2] *Disputationes phys.* Disp. 19, p. 103. D. 21 p. 110. D. 22 p. 112.

[3] *Phys. contr.* p. 10. num. 232—235.

[4] A. a. O. p. 8. n. 201, p. 9. n. 213.

[5] JOH. HENRICI SVICERI, Ling. Graec. in Athen. Tigur. Professoris *Compendium Physicae Aristotelico-Cartesianae methodo erotematica in usum tyronum adornatum.* Adjecta est ad calcem Ontosophia Claubergiana in Theoremata et Axiomata succincte digesta. Basileae 1685.

[6] A. a. O. p. 14.

Prinzip der Körper nicht in Bezug auf das Sein überhaupt, sondern in Bezug auf das bestimmte Einzelsein.[1] Die Ruhe ist der Bewegung entgegengesetzt, sie ist etwas Positives wie die Bewegung, hat verschiedene Gröfse und hält die benachbarten Körperteilchen zusammen. Sie verändert die Bewegung und bewirkt Reflexion, wenn sie stärker ist als die Bewegung. Die Reflexion ist nicht eine neue Bewegung, sondern eine *Determinatio* der Bewegung.[2] Der Widerstand der Ruhe heifst dagegen negativ. Die vier aristotelischen Elemente bestehen aus den drei cartesischen.[3]

Noch mögen als Cartesianer genannt werden der Theologe Balthasar Bekker (1634—1698), der in seiner „Bezauberten Welt“ *(De betoverde weereld*, Leeuwarden 1690) mit grofser Energie aus cartesischen Grundsätzen den Hexenglauben bekämpfte, Tobias Andreae (1604—1674), der Lehrer Claubergs, endlich Alex. Roëll (1653—1718) und Burcher de Volder (1643—1709),[4] der Herausgeber der *Opera posthuma* von Huygens (1703), welcher Descartes gegen Huet verteidigte.[5] In Bezug auf die Physik finden wir bei diesen Männern keine für die Entwickelung der Korpuskularphilosophie im speziellen in Betracht kommenden Gedanken; aber sie wirken durch ihre Richtung überhaupt für die Ausbreitung der mechanischen Auffassung der Natur.

Die korpuskulare Auffassung der Materie wird als ein der Anschauung genehmes Mittel zur Erklärung acceptiert. Die Ausschliefsung des Vacuums und der Atome hat sichtlich der cartesischen Korpuskulartheorie die Verbreitung wesentlich erleichtert, weil sie gestattete, die tieferen Fragen nach dem Problem des Körpers aufser acht zu lassen und eine oberflächliche Hypothesenbildung begünstigte, die freilich die Korpuskularphysik ihrem Verfall entgegenführte.

3. Cordemoy.

Infolge der ursprünglichen Unsicherheit der Substanzbestimmung durch Descartes erwies sich als wundester Punkt

[1] A. a. O. p. 19. — [2] A. a. O. p. 45—48. — [3] A. a. O. p. 72.

[4] *Disput. philos. de rerum naturalium principiis ut et de aëris gravitate.* Lugd. Bat. 1681.

[5] *Exercitationes academicae* etc. Amst. 1695. Vgl. S. 430.

seines Systems das Verhältnis der Wechselwirkung von Geist und Körper. Die von ihm vollzogene Trennung der denkenden und ausgedehnten Substanz hatte er durch die Annahme einer besonderen substanziellen Vereinigung derselben im Menschen vergeblich auszugleichen versucht. Die Wechselwirkung der unräumlichen und doch in der Zirbeldrüse lokalisierten Seele mit dem Körper konnte schon bei DESCARTES selbst nur durch den Hinzutritt göttlicher Einwirkung geschehen. Von diesem Gedanken nahmen die selbständigeren Denker seiner Schule den Ausgangspunkt, um die unter dem Namen des Occasionalismus bekannte Lösung des Problems dahin zu geben, dafs bei jedem einzelnen Willensakt und bei jeder einzelnen Bewegung ein unmittelbares Eingreifen Gottes stattfindet. Der erste, welcher diese Auffassung vertrat, war GERAUD DE CORDEMOY († 1684), der bereits im Jahre 1658 seinen Freunden, unter ihnen DE LA FORGE, wiederholt seine Ansicht mitteilte, bevor er sie (1666) in seinen *Dissertations philosophiques* veröffentlichte.[1] Nach CORDEMOY[2] besteht das Wesen der Substanzen darin, dafs sie völlig voneinander unabhängig sind, sie können daher in keiner Weise aufeinander einwirken. Demnach wäre Bewegung und somit Veränderung überhaupt nicht möglich, wenn nicht durch eine vermittelnde Substanz, durch Gott, bei jeder Gelegenheit die Übereinstimmung des Willens und der Bewegung unmittelbar veranlafst würde.[3] Diese occasionalistische Lösung des Problems steht mit der Theorie der Materie in engster Verbindung, weil sie die Erörterung über die Möglichkeit der Mitteilung der Bewegung überhaupt voraussetzt. Jede sichere und bestimmte Fassung des Begriffs der Substanz als des für sich Bestehenden mufs schon an der Wechselwirkung der Körper Anstofs nehmen. Denn wenn die körperliche Substanz eine einzige ist und keinerlei Einwirkung erfahren kann, so bleibt es unverständlich, wie die Individuation der

---

[1] Vgl. LUDW. STEIN, *Zur Genesis des Occasionalismus.* Arch. f. Gesch. d. Phil. 1888. I S. 56.

[2] *Les oeuvres* de Feu Monsieur DE CORDEMOY de l'Académie Françoise, conseiller du Roy etc. Paris 1704.

[3] Über die entsprechende Verursachung der Bewegung durch Gott bei DE LA FORGE vgl. H. SEYFARTH, *Louis de la Forge und seine Stellung zum Occasionalismus.* Gotha 1887.

Materie, die Mannigfaltigkeit der Körper zustande kommen soll. Geht man von einer mannigfaltig bewegten körperlichen Substanz aus, wie Descartes, so hat man eben keinen klaren Substanzbegriff, sondern man hat das Denkmittel der Wechselwirkung bereits mit in den Begriff aufgenommen. Es fehlt alsdann in dieser in sich zersplitterten Substanz an der Einheit, welche den vorhandenen Teilen ihren substanziellen Charakter garantiert. Daher führt diese Überlegung zu der Annahme einer Vielheit ursprünglicher körperlicher Substanzen und somit zurück zu Gassendi. Hier aber stockt das Problem wieder an der Begründung der Wechselwirkung dieser Substanzen, an der Möglichkeit der Bewegungsvermittelung. Das ist der Weg, auf welchem wir Cordemoy begriffen sehen.

Dieser scharfsinnige Mann durchschaute die Schwäche in der Theorie der Materie Descartes' und versuchte dieselbe zu verbessern, um das System des Meisters, dem er in den eigentlich physikalischen Fragen treu anhing, in seinen Grundlagen möglichst zu stärken. Und dies geschieht durch den Übergang zur Atomistik.[1]

Descartes hatte selbst, um die Beweglichkeit seiner subtilen Materie zu ermöglichen, von einer endlosen Teilung derselben sprechen müssen, welche etwas Unbegreifliches enthalte.[2] An diesem Fortgang ins Unendliche und dem mit oder ohne Willen ausgepreſsten Geständnis der Unbegreiflichkeit nimmt Cordemoy Anstoſs. Auch würde unter Aufrechterhaltung der cartesischen Hypothese die Individualität eines ruhenden Körpers sich nicht feststellen lassen, da der Körper mit den ihn berührenden Eins wird, während andrerseits im Verlauf der fortwährenden Veränderungen an den Grenzen von einer Dauer des Körpers nicht gesprochen werden kann.[3] Cordemoy will daher unter Materie zwar die sinnlich wahrnehmbaren Massen verstehen und ihr das Prädikat der Quantität zusprechen; der Körper als solcher aber muſs als einfache Substanz un-

[1] *Six discours sur la distinction et l'union du corps et de l'âme.* 1. Disc. p. 2. Vgl. Leibniz, *Système nouveau de la nature* etc. (1695), deutsch von R. Habs. Leipzig. S. 49. — Joh. Christ. Sturm, *Physica electiva*, Norimb. 1697. I p. 36 f., p. 136 f. — Bouillier I p. 524. — Damiron II p. 111.

[2] *Princ.* II, 35.

[3] 1. Disc. *Des corps et de la matière,* p. 7, 8.

teilbar sein, also keine Gröſse, sondern nur Ausdehnung besitzen. Unter Körpern versteht er daher nichts andres als Atome, ausgedehnte Substanzen. Da sie eine Vielheit darstellen, muſs die Ausdehnung eines jeden begrenzt sein; diese Grenze heiſst Figur. Diese Figur gehört zur Substanz, die daher nicht teilbar sein kann, sondern wegen der Unveränderlichkeit ihrer Gestalt jeden andren Körper von sich ausschlieſst; diese Eigenschaft heiſst Undurchdringlichkeit. Der Ort (le lieu) ist die Beziehung, welche die Körper durch ihre Lage zu einander haben. Wenn diese Beziehung sich ändert, sind die Körper in Bewegung, wenn sie beharrt, so sind sie in Ruhe. Ein einzelner solcher Körper heiſst ein Teil der Materie, mehrere unter sich vereint und von den übrigen gesondert betrachtet bilden eine Portion (*portion*, Molekel), eine gröſsere Ansammlung von Teilen oder Molekeln ohne gegenseitige Kohäsion einen Haufen (tas). Wenn sie untereinander gleiten und in beständiger Bewegung sind, bilden die Teile eine Flüssigkeit; bei keiner oder so geringer Bewegung, daſs sie nicht leicht getrennt werden, eine Masse.[1] Nur die Materie ist sinnlich wahrnehmbar und teilbar, die Körper jedoch nicht. Weil wir die Materie als teilbar kennen, ist der Irrtum entstanden, daſs alles Ausgedehnte teilbar sei,[2] während vielmehr umgekehrt die Masse nur darum ausgedehnt ist, weil sie aus an sich ausgedehnten Körpern besteht, und nur darum teilbar, weil sie nicht eine einzige, sondern eine Vielheit von Substanzen darstellt, welche getrennt existieren und somit voneinander trennbar sind. Die Gröſse der Materie hängt nur von der gröſseren oder geringeren Anzahl von Körpern (Korpuskeln) ab, die sie enthält.[3]

Zwischen den zu Haufen, Flüssigkeiten und Massen zusammengesetzten Körpern nimmt CORDEMOY Zwischenräume an, welche, sofern sie sichtbar sind, Gänge (trous), sofern sie mit dem Auge nicht wahrnehmbar sind, Poren (pores) heiſsen. Es ist nicht notwendig, daſs dieselben sämtlich mit andern Körpern erfüllt sind. Sie sind nur nicht Substanz und haben insofern keine wahre Ausdehnung, sondern sind nichts, d. h. reine Modi, wie Lage oder Entfernung, welche den Körpern nur

[1] A. a. O. p. 2, 3. — [2] A. a. O. p. 3, 4. — [3] A. a. O. p. 12.

reine Beziehungen hinzufügen. Sie haben die Bedeutung, dafs Körper von wahrer Ausdehnung sich daselbst befinden können, nicht aber, dafs sie sich *actu* daselbst befinden.[1] Die erste Materie DESCARTES' kann nunmehr definiert werden als die Anhäufung der Körper (Atome), die zweite als die Anhäufung gleichartiger Portionen (Molekeln), die dritte als die Anhäufung solcher Molekeln, welche aus der Verbindung von Molekeln verschiedener Art entstanden sind.[2]

Mit dieser Auflösung der Materie in substanzielle Atome steht CORDEMOY infolge der Konsequenz des Substanzgedankens wieder vor dem von GASSENDI vergeblich in Angriff genommenen Problem der Wechselwirkung, und hier bietet sich ihm kein andrer Ausweg als derjenige vermittels des perpetuell durch Gott bewirkten Wunders, dem er mit dem Ausdruck der occasionellen Ursachen eine Art wissenschaftlichen Gewandes zu geben weifs. Die mechanische Naturerklärung will er streng aufrecht erhalten. Es soll keine Veränderung in der Natur geben, die nicht auf räumliche Bewegung sich zurückführen liefse.[3] Die feine Materie ist innerhalb der Natur die vermittelnde Ursache, welche alle Bewegung erhält und überträgt,[4] die sie von Gott bekommen hat. Aber diese Übertragung ist nicht weniger unerklärlich wie der Ursprung; auch sie erfordert das unausgesetzte Eingreifen Gottes. Der Körper könnte sehr wohl als Substanz erhalten bleiben, und doch seine Bewegung verlieren.[5] Was sie erhält und mitteilt, kann daher kein Körper sein, es mufs ein Geist sein; aber auch nicht ein endlicher Geist; wir wissen von unserm eigenen Körper, wie viele Bewegungen, z. B. des Herzens, der Atmung etc. es gibt, die wir willkürlich weder unterbrechen noch erzeugen können. Es mufs also ein unendlicher Geist sein, der die Bewegung bewirkt. Nur Gott ist imstande, die Wechselwirkung der Substanzen zu ermöglichen, sowohl der denkenden und ausgedehnten, als der ausgedehnten untereinander. Man sagt daher philosophisch richtiger, dafs der Körper nicht von, sondern

---

[1] A. a. O. p. 13, 14. — [2] A. a. O. p. 14, 15.
[3] 2. Disc. *Du mouvement et du repos*, p. 22.
[4] 3. Disc. *Des machines naturelles et artificielles.*
[5] 4. Disc. *De la première cause du mouvement*, p. 57. Axiome 2.

durch den Körper bewegt wird. Die Berührung der Körper ist die Gelegenheit, bei welcher ein zweiter Körper durch die Ursache, welche den ersten bewegte, ebenfalls bewegt wird, und man soll sie nicht für die Ursache ansehen.[1]

Wir sehen hier, wie die Unbegreiflichkeit der Wechselwirkung der Atome dazu zwingt, auf das unmittelbare Eingreifen Gottes zu rekurrieren; dies ist der Grund, warum Leibniz von der Atomistik behauptete, daſs sie ein unausgesetztes Wunder in Anspruch nähme. Wer die Mitteilung der Bewegung anders begreifen will als durch ein Gesetz, das seine Realität in einem besonderen Denkmittel besitzt, steht hier vor dem Rätsel. Der konsequente Mechanismus schlägt in das konsequente Wunder um. Wegen dieses Ausweges aus dem Dilemma der Wechselwirkung der Substanzen haben wir Cordemoy in die Reihe derjenigen Cartesianer zu setzen, welche zur Auflösung der mechanischen Naturauffassung beitragen. Das Problem der Bewegung, um welches es sich nunmehr handelt, wird durch ihn nicht gefördert. Dagegen muſs man anerkennen, daſs er dem Begriffe der körperlichen Substanz, offenbar unter dem Einflusse Gassendis, einen viel adäquateren Ausdruck gibt als Descartes. Es ist der einzige Weg, welcher zu einer befriedigenden Lösung des Körperproblems führt, daſs man nicht von der Materie, sondern von dem Einzelkörper ausgeht. Und dies thut Cordemoy. Substanz ist der Einzelkörper, das Atom; die Materie ist erst die Gesamtheit der Atome. Die unvermeidlichen Schwierigkeiten der Fluiditätstheorie sind damit erledigt. Es ist kein Zweifel, daſs diese Fassung der Einzelsubstanz von wesentlichem Einfluſs auf die Entstehung des Leibnizschen Monadenbegriffs war. Auch schon die fehlerhafte Verquickung des Begriffs des Einfachen mit dem der Substanz findet sich bei Cordemoy. Man darf daher diesem Manne wohl eine gröſsere Beachtung zubilligen, als er bisher gefunden zu haben scheint.

Cordemoy ist ein bezeichnendes Beispiel für die fortwährende Wechselwirkung, in welcher die Theorie der Materie mit den metaphysischen Fragen steht, und seine Lehre zeigt aufs neue, wie zwar im Grunde über Atomistik oder Fluiditäts-

[1] A. a. O. p. 63.

theorie, Mechanismus oder Dynamismus das metaphysische Interesse entscheidet, aber gerade darum der Zustand der Physik, welcher über die Verwendbarkeit der einzelnen Theorien urteilt, ein beständig wirksames Gärungsmittel für den metaphysischen Prozefs bildet. Hier sehen wir aus der Reinigung des Substanzbegriffes den Atomismus hervorgehen und DESCARTES' feine Materie, die zwischen atomistischen und Fluiditätsprinzipien schwankt, in substanzielle Einheiten aufgelöst. Der zweite Hauptvertreter des Occasionalismus — wenn wir von GEULINCX absehen, der für uns von keiner weiteren Bedeutung ist[1] — zeigt gerade das umgekehrte Bild. Bei MALEBRANCHE wirken metaphysische Ideen auf die cartesische Physik derartig ein, dafs sie in Fluiditätstheorie umschlägt.

4. Malebranche.

Der augustinische Gedanke, dafs Gott als die *summa essentia* das eigentliche und einzige Prinzip des Seins und Erkennens sei, bedeutete für das ganze Mittelalter die Wertlosigkeit der Physik. Nun aber war die Macht der Naturerkenntnis eine Thatsache geworden, mit welcher gerechnet werden mufste. Die Wahrung jenes augustinischen Grundgedankens unter gleichzeitiger Anerkennung und Förderung des Naturerkennens er-

[1] ARNOLDI GEULINCX, *Compendium physicae* illustratum a CASPARO LANGENHERT. Francquerae 1688. Die Physik von GEULINCX (1625—1669) unterscheidet sich von der cartesischen aufser durch die Lehre, dafs die Bewegung nur durch Gott mitgeteilt werden kann, durch einige fast gesuchte Unklarheiten im Ausdruck und einen Mifsbrauch des Begriffs der unendlichen Teilbarkeit, um daraus auf die Unmöglichkeit der Bewegung durch eine endliche Macht zu schliefsen. Bewegung definiert er als *conjunctio viciniae atque distantiae ejusdem ad idem* (p. 44). „Ein und dasselbe kann zugleich ruhen und bewegt werden," womit die Relativität der Bewegung gemeint ist (p. 87). Der Körper kann nur von einem Geist bewegt werden; der Modus, wie dies geschieht, ist „dunkel", da weder Wille noch Intellect Bewegung hervorbringen können (p. 107). Zur Bewegung gehört eine unendliche Kraft, wegen des Widerstandes der unendlich vielen Teile des Körpers, daher kann nur Gott die Bewegung hervorbringen (p. 111—113). Das Mafs der Bewegung hängt ganz von Gott ab (p. 115), bleibt aber in der Welt erhalten (p. 132), ebenso wie die vorhandene Ruhe (p. 136). Auch die Erregung der Sinnesempfindungen bei Gelegenheit der Bewegung des Körpers hängt von Gott ab (p. 127).

möglichte sich aus derselben Unbestimmtheit des cartesischen Substanzbegriffs, welcher Cordemoy zum atomistischen Occasionalismus führte, dagegen den Pater Malebranche zu einer ganz analogen Ausbildung des Substanzbegriffs, wie ihn Spinoza aufstellte. Nicole Malebranche (1638—1715) war schon frühzeitig (1661) in den vom Kardinal Berulle, dem Freunde Descartes', gegründeten Orden der „Kongregation der Väter vom Oratorium Jesu" eingetreten, in welchem vom Standpunkte Augustins aus die wissenschaftliche Ausbildung der Kirchenlehre erstrebt wurde. Als er später (1664) die cartesische Philosophie kennen lernte, bot sich dem scharfsinnigen Manne die Gelegenheit, das theologische Interesse mit der mechanischen Naturlehre zu verbinden, wodurch zwar thatsächlich die letztere aufgehoben wurde, dennoch aber in ihrem praktischen Werte für die Physik bestehen bleiben konnte. Dieses Verbindungsglied bot der Occasionalismus dar. Nur legte Malebranche das Hauptgewicht nicht auf die Untersuchung des Substanzbegriffs, sondern auf die Mitteilung und Erhaltung der Bewegung, und der Kunstgriff bestand darin, die natürliche Ursache des Stofses der Körper aufzufassen als „Gelegenheitsursache". Auch nach Descartes stammte ja alle Bewegung von Gott, es kam nur darauf an, alle bewegende Kraft unmittelbar auf Gott zurückzuführen, alle vermittelnden Kräfte in der Natur als „heidnisch" auszuschliefsen. Malebranche betont daher noch ausdrücklicher als Cordemoy, dafs jede Bewegung der Körper, jede Veränderung ihrer Bewegung, unmittelbar durch den Willen Gottes geschieht. Die natürlichen Ursachen sind keine reellen Ursachen, sondern nur die gelegentlichen, bei denen Gott gerade in dieser und keiner andren Weise die Bewegung des Körpers will. Gott will die Gesetze der Bewegungen, und so finden sie statt. In den Körpern selbst liegen keine Kräfte und keine Ursachen zu Veränderungen, die Körper wirken weder aufeinander, noch auf die Geister. Damit ist nun freilich die Kausalität, die Bedingung aller wissenschaftlichen Naturerkenntnis, aus der Welt ausgeschlossen. Aber der Glaube führt sie in Gestalt eines perpetuellen Wunders wieder ein. Man mag immer die Gesetze der Körperwelt erforschen, als beruhten sie auf natürlichen Ursachen; der Weltlauf wird darum nicht unbestimmt, nur ist seine Ge-

setzlichkeit aus der Natur in die unendliche und ewige Thätigkeit Gottes gerückt. Und hierdurch gewinnt in der That, wenn man sich entschliefsen kann, diese Kluft des Denkens zu überspringen, die Erforschung der Natur wieder eine gewisse Garantie für die Möglichkeit der Erkenntnis. Denn die Körper haben nunmehr ein Fundament für die Gesetzlichkeit ihrer Bewegungen in der einheitlichen Substanzialität Gottes. In ihm sind sie, zwar nicht als Körper, aber als Ideen. Und dadurch gerade ist ihre Erkenntnis möglich, ja sogar eine adäquatere Erkenntnis, als wir sie von unsrer Seele und andern Geistern erlangen. In der Unendlichkeit Gottes schauen wir die Idee der Ausdehnung und ihre Modifikationen, und während wir von unsern und andern Geistern Vorstellungen nur nach Analogie unsres eigenen Körpers haben, besitzen wir von den Körpern durch die Vermittlung in Gott ein adäquates Wissen. Wir erkennen die wirkliche Welt, weil die Allmacht Gottes die Ideen derselben in Wirklichkeit umschafft.

Diese Verlegung der körperlichen Wirkungen in die unmittelbare Thätigkeit, den positiven Willen Gottes hat eine Modifikation der cartesischen Physik zufolge, durch welche dieselbe zu einer konsequenten Fluiditätstheorie wird. Das Zusammenwirken theologischer und physikalischer Motive ist bei LEIBNIZ und NEWTON ebenso zweifellos, wie bei MALEBRANCHE. Während aber bei ersteren die Entdeckung dynamischer Gesetze — bei LEIBNIZ die Erhaltung der nach dem Quadrate der Geschwindigkeit geschätzten Bewegung, bei NEWTON das Gravitationsgesetz — der willkommene Anlafs zu einer metaphysischen Deutung im theologischen Interesse wird, sehen wir bei MALEBRANCHE umgekehrt die Verlegung der physischen Ursachen in den Willen Gottes zum Beweggrunde werden, die cartesische Materie umzugestalten.

Wir hatten gesehen, dafs von DESCARTES selbst wie noch mehr in seiner Schule der Ruhe der Wert einer positiven Kraft zuerteilt worden war. Der Zusammenhang der Körper war nichts andres als die Ruhe ihrer Teile, nur die Bewegung differenzierte die Körper. Dadurch war jeder Körper, dessen Teile nicht relativ zu einander bewegt waren, starr. Wenn aber nach MALEBRANCHE zu jeder Kraftwirkung ein positiver Wille Gottes nötig ist, so müfste, wenn die Ruhe eine solche

positive Kraft besäfse, auch die Ruhe von Gott gewollt werden.

Wenn nun Gott will, dafs Materie ist, so braucht er damit noch nicht zu wollen, dafs sie bewegt ist. Die blofse Existenz der Materie durch Gottes Willen setzt daher die Materie als ruhend; zur Bewegung bedarf es eines besonderen Willensakts Gottes, nicht aber zur Ruhe. Eine Kugel bewegt sich, so lange Gott es will; hört Gott auf, die Bewegung zu wollen, so tritt damit die Ruhe von selbst ein. Die Ruhe hat keine Kraft, die sie verursacht.[1]

Hat aber die Ruhe keine positive Kraft, so kann sie auch keiner Bewegung widerstehen; selbst die kleinste Bewegung mufs imstande sein, auch den gröfsten Körper zu bewegen. Dies beweist Malebranche aus einer Reihe von Erfahrungen.[2] Er gewinnt hierdurch offenbar eine richtigere Auffassung von der Übertragung der Bewegung und erklärt daher die vierte, sechste und siebente Stofsregel Descartes' für falsch. So in der ersten Auflage der *Recherche de la vérité*,[3] in welcher er noch ganz an dem cartesischen Satze von der Erhaltung der Bewegungsgröfse beim Stofse festhält. Später beginnt er, offenbar unter dem Einflusse von Huygens und Leibniz, daran zu zweifeln.[4] „Was ich jedoch vor 30 Jahren in dem letzten Kapitel der *Untersuchung über die Wahrheit* geschrieben habe, scheint mir jetzt nicht mehr der Wahrheit entsprechend. Sicherlich kann man in diesem Fall das Wahre nur durch die Erfahrung entdecken. Denn wir vermögen doch nicht in die Absichten des Schöpfers einzudringen, und es hängt doch einzig und allein von dem freien Willen Gottes ab, ob er eine gleiche Quantität der Bewegung in der Welt erhalten will, oder nicht. Wir können uns also hierüber nur durch die Art der Offenbarung belehren, welche die Versuche uns darbieten. Früher achtete ich zu wenig auf die Versuche, welche von gelehrten und geschickten Männern in Bezug auf den Stofs

[1] *De la Recherche de la vérité.* Paris 1678. c. VI. c. 9. p. 465 ff.

[2] A. a. O. p. 469 ff.

[3] A. a. O. p. 487.

[4] In dem den späteren Auflagen zugefügten Anhange: *Loix générales de la communication des mouvements.*

der Körper angestellt sind; und ich traute ihnen nicht, weil ich zu sehr für die cartesischen Prinzipien eingenommen war."[1]

Weiter aber folgt aus dem negativen Begriff der Ruhe die Notwendigkeit der Umänderung eines Hauptelements der cartesischen Theorie der Materie. Die Ruhe kann nicht mehr die Ursache der Kohäsion sein. Ruhende Materie besitzt keinen Zusammenhang der Teile, alle Festigkeit kann nur auf Bewegung beruhen. Damit ist die Theorie der Materie DESCARTES' in eine Fluiditätstheorie übergeführt, und da MALEBRANCHE keine Atome anerkennt, sondern die Materie ins Unendliche teilbar ist, so stimmt seine Erklärung der Festigkeit mit derjenigen von LEIBNIZ überein.[2] Alle Festigkeit beruht im letzten Grunde auf dem Stofs und Druck der sie umgebenden, heftig bewegten äufseren Materie.[3] MALEBRANCHE will jedoch keineswegs die Physik DESCARTES' aufheben, vielmehr spricht er es ausdrücklich als seine Absicht aus, das Allgemeine seines Systems zu vervollkommnen, um auch physikalische Fragen durch dasselbe zu lösen, welche DESCARTES nicht bewältigen konnte.[4] Zu diesem Zwecke sucht er die Kügelchen des zweiten Elements zu retten und sie zugleich für die Erklärungen des Lichts und der Farben brauchbar zu machen.

Wenn die kleinen Kügelchen des zweiten Elements an sich selbst hart wären, und das Licht in der Fortpflanzung ihres Druckes, die Farben in ihrer verschiedenen Rotation beständen,

---

[1] *Loix de mouvements*, nach SCHALLER, I S. 325, 326.

[2] MALEBRANCHE gegenüber nimmt LEIBNIZ für sich und den Engländer WILLIAM NEIL (1637—1670) die Priorität in Bezug auf die Erklärung der Kohäsion durch den *motus conspirans* in Anspruch (Brief an HARTSOEKER, *Phil. Schr.* III p. 500).

[3] *De la recherche de la vérité* (1678) p. 476: Je dis doncque ce qui fait que les parties des corps durs, et de ces petits liens dont j'ai parlé auparavant, sont si fort unies les unes avec les autres, c'est qu'il y a d'autres petits corps au dehors infinement plus agitez que l'air grossier que nous respirons, qui les poussent et qui les compriment: et que ce qui fait que nous avons de la peine à les séparer n'est pas leur repos, mais l'agitation de ces petits corps qui les environnent, et qui les compriment.

[4] *Réflexions sur la lumière et les couleurs, et la génération du feu. Hist. de l'Académie Royal des sciences.* 1699. p. 32, 33. Diese Abhandlung ist aufgenommen in das *Eclaircissement XVI.* der späteren Ausgaben. (Paris 1721, Tom. IV.)

so würden sie das Licht und die verschiedenen Farben nicht durch denselben Punkt durchlassen, wo die Strahlen sich kreuzen.[1] MALEBRANCHE gibt daher eine andre Theorie des Lichtes, welche vom gröfsten Interesse ist. Zunächst sind die Kügelchen des zweiten Elements nicht starr, sondern sie sind selbst nichts andres als äufserst kleine Wirbel des Äthers, welche durch den Druck und die Agitation des äufsern Äthers Kohäsion und zugleich Elasticität besitzen. Das Licht besteht nicht in der einfachen Fortpflanzung des Druckes, sondern in einem regelmäfsig mit aufserordentlicher Geschwindigkeit intermittierenden Drucke, in Vibrationen des Drucks (Vibrations de pression); und die Farben bestehen in der gröfseren oder geringeren Geschwindigkeit dieser Vibrationen.[2] Es findet beim Licht ganz dasselbe statt, wie beim Schall, nur dafs es sich nicht um Schwingungen der gröberen Luft, sondern der feinen Materie, des Äthers, handelt, welche, weil sie unter viel gröfserem Druck als die Luft steht, auch mit viel gröfserer Geschwindigkeit schwingt und die Schwingungen fortpflanzt. Wie die Stärke des Tons von der geringeren oder gröfseren Kraft, die Höhe von der Schnelligkeit (promptitude) der Schwingungen abhängt, ebenso hängt die Helligkeit der Farben von der Kraft der Schwingungen des Äthers, ihre Verschiedenartigkeit aber nur von der Schnelligkeit derselben ab. Er nimmt an, dafs die Schnelligkeit der Vibrationen im Weifs am gröfsten ist, und die Farben in der Reihe: Gelb, Rot, Blau, Schwarz ihrer Vibrationsgeschwindigkeit nach folgen. Er schliefst dies aus der Reihenfolge der Farben in den Nachbildern der Sonne, indem er glaubt, dafs der Farbenwechsel von der Abnahme der Vibrationsgeschwindigkeit in der Netzhaut herrühre. Doch scheint es ihm weder durch dieses noch durch ein andres Mittel möglich, die Verhältnisse der Vibrationsgeschwindigkeiten bei den Farben so zu entdecken, wie man sie bei den Tönen kennt.[3]

Diese überraschend divinatorische Vibrationstheorie der Farben, welche die HUYGENSsche Undulationstheorie zu ergänzen

[1] *Réflexions, Hist. de l'Acad.* 1699 p. 21, 29.

[2] A. a. O. p. 23. MALEBRANCHE verweist bereits auf seine *Entretiens sur la Métaphysique.* 12. Entr. n. 1. (Erschienen 1688.)

[3] *Réflex.* p. 26, 27.



geeignet war, den neuern Geschichtsschreibern der Physik jedoch, trotz GOETHES Bericht über dieselbe,[1] ganz entgangen zu sein scheint, bietet offenbar eine sehr wesentliche Verbesserung der cartesischen Theorie der Materie. MALEBRANCHE benutzt seine molekularen Wirbel noch weiter zur Erklärung des Feuers, indem er annimmt, dafs die Entzündung auf der Zerstörung dieser Wirbel und der dadurch frei werdenden Bewegung des in den Wirbeln rotierenden Äthers beruht.[2]

Wichtiger jedoch als diese physikalischen Folgerungen ist die allgemeine Bemerkung, die sich an den Ausgang der cartesischen Theorie der Materie in MALEBRANCHE schliefst. Eine Korpuskulartheorie, die nicht auf der gassendischen Grundlage der Atomistik ruht, kann sich nicht halten. Die Solidität der Korpuskeln ist nicht herzustellen, und so ergibt sich als Resultat die Fluiditätstheorie. Aber auch diese kann wiederum der Korpuskeln nicht entbehren; sie mufs die Identität der Teile der Materie, die Kohäsion der ersten Partikeln auf die Bewegung zurückführen; hier jedoch entstehen alle die Schwierigkeiten, welche wir bei HOBBES erörtert haben. Für die praktische Verwendung der Korpuskeln in der Physik bietet indessen die Vorstellung molekularer Wirbel eine genügende Aushilfe, um die Kohäsion fester Teilchen zu ersetzen; und es ergibt sich dabei für die Biegsamkeit der Hypothesen noch der Vorteil, dafs diese Korpuskeln nicht nur als elastisch vorgestellt werden können, sondern unter Umständen auch als auflösbar in ihre subtilen Teilchen, so dafs die rotatorische Energie derselben nach Wunsch benutzt werden kann, um das Auftreten plötzlicher Kraftäufserungen zu erklären. In dieser Hinsicht steht MALEBRANCHES Hypothese, die sich mit LEIBNIZ' kinetischer Theorie der Bläschen, welche nichts andres sind, als kleine Wirbel ohne Kern (nucleo demto), nahe berührt, immer noch bedeutend über jenen roheren Auswüchsen der Korpuskulartheorie, die sich in der Ausschmückung der Korpuskeln mit phantastischen Gestalten gefällt. Ja sie enthält sogar die Möglichkeit einer mathematischen Ausbildung und würde, abgesehen von der erkenntniskritischen Unhaltbarkeit

---

[1] *Mat. z. Gesch. d. Farbenl.* Bd. XV. S. 551 f.

[2] *Réflex.* p. 34 f.



der Fluiditätstheorien, in die fortschreitende Entwickelung der Theorie der Materie zu stellen sein, wenn nicht Malebranches metaphysischer Ausgangspunkt dieselbe als eine Reaktion gegen die mechanische Naturerklärung erkennen liefse.

5. Joh. Christoph Sturm.

Die Selbstauflösung der cartesischen Theorie der Materie in die vollständige Gleichgiltigkeit gegen die fundamentalen Festsetzungen derselben, unter blofser Hervorhebung der reinen Passivität der Materie, kann man bei dem Altorfer Professor Sturm wahrnehmen.

Johann Christoph Sturm (1635—1703), als Mathematiker und Physiker ein Gelehrter von Ruf und Ansehen, bekennt sich offen zum Eklekticismus, berührt sich jedoch in seiner Auffassung des Verhältnisses von Körper und Geist am nächsten mit Malebranche. In seiner „*vermittelnden Physik*“[1] meint er, dafs Aristoteles und Descartes beide in der Frage nach der Materie auf die von Gott geteilte Ausdehnung zurückkommen.[2] Da die Materie nur die Ausdehnung ist, nur der Teilbarkeit fähig und durchaus passiv, so mufs es Formen geben, und es mufs ein gewisses Wesen (ens) über und aufser der Natur bestehen, um die ausgedehnte und unbestimmte Materie in unendlich feine Teile zu teilen, die getrennten in unzähligen Modis zu bewegen, zu transponieren, zu verknüpfen; dieses Wesen ist Gott. Die Formen sind nicht absolute Entitäten, sondern Ergebnisse der wechselseitigen Verknüpfung und Beziehung der Teilchen, jeder Körpergattung eigentümliche *Habitudines*, angemessen und geeignet für jede besondere Funktion.[3] Er glaubt, dafs in dieser Weise die gesamte korpuskulare Erklärung mit Aristoteles versöhnbar sei, und dafs es sich im Grunde nur um Namensunterschiede handle.

Kritischer und mit Sorgfalt ins Einzelne gehend führt er seine konziliatorischen Tendenzen durch in seiner sehr umfang-

[1] *Physicae conciliatricis per generalem pariter ac specialem partem Conanima* succinctis aphorismis adumbrata et publice ventilata a Joh. Cristophoro Sturmio Philos. Nat. et Math. P. P. Norimbergae 1687.

[2] A. a. O. p. 29. — [3] A. a. O. p. 33—37.

reichen *Physica electiva,*[1] deren zweiter Band erst nach STURMS Tode erschien. Dieses Werk verdient Beachtung, weniger wegen der darin dargelegten Ansichten des Verfassers, als vielmehr wegen der Fülle historischen Materials. STURM hält nämlich das Verfahren inne, dafs er zunächst die in Betracht kommenden Phänomene beschreibt, und darauf eine Darstellung der ihm bekannten Hypothesen über die zu behandelnde Frage gibt; er bespricht zuerst die aristotelischen und scholastischen, sodann die cartesischen und gassendistischen Erklärungen und führt dabei eine grofse Anzahl seiner Zeitgenossen mit ihren abweichenden Ansichten und in gewissenhafter Berichterstattung auf. Sodann erstrebt er eine „Eklexis" der bessern Hypothese durch eine Art „Analysis", um durch passende Auswahl die zutreffendste Erklärung zu gewinnen, und aus den so gefundenen angemessensten Voraussetzungen wird schliefslich durch eine „Synthesis" die Ableitung der Phänomene versucht.

In Beziehung auf die Theorie der Materie erklärt er, dafs die *prima materia* den Physiker nur insoweit zu kümmern habe, als die Festsetzungen über dieselbe zur Erklärung der Naturerscheinungen ausreichen müssen. In dieser Hinsicht werde niemand im Zweifel sein, dafs die Materie, welche in der Physik in Betracht kommt, jene äufserst kleinen Korpuskeln seien, sowohl die unorganischen, aus deren Vereinigung die Elemente entstanden sind, als die organischen, welche alle Keime der Pflanzen und Tiere enthalten, anfänglich ohne Ordnung und Zusammenhang.[2] Die Bewegung kann jedoch weder durch einen Körper noch durch einen endlichen Geist, sondern allein durch den freien und unendlich mächtigen Willen Gottes hervorgerufen werden. Es gibt keine rein physische, aus Notwendigkeit wirkende, sondern nur eine exigitive Ursache des Ursprungs und der Übertragung der Bewegung.[3] Denn Bewegung ist nur ein Modus der Existenz der Materie und, wie

---

[1] JOH. CHRISTOPHORI STURMII etc. *Physica Electiva sive hypothetica.* Tomus primus, partem physicae generalem complexus, Norimbergae 1697. Tomus secundus, partem physicae specialem complectens, cum praefatione Christiani Wolfii, Norimb. 1722. Seine eigene Ansichten finden sich zusammengestellt unter dem Titel *Physicae generalis usus metaphysicus aut theosophicus et moralis,* T. I p. 827 ff.

[2] *Phys. el.* I p. 42, 43. — [3] A. a. O. p. 161.

diese, vom Willen Gottes abhängig; zu bewirken, dafs **ein** Ding in mehreren Orten nacheinander besteht (d. h. sich bewegt), ist, wenn nicht mehr, so doch auch nicht weniger, als machen, dafs ein Ding, das vorher nicht da war, jetzt einfach existiert. Wenn man sagt, dafs ein Körper einen andern stöfst und bewegt, so bedeutet dies nur, dafs er die Veranlassung (occasio) wird, dafs durch seine Vermittelung die göttliche Kraft den andern Körper bewegt.[1]

6. Jacob Bernoulli und Hartsoeker.

Wir schliefsen an Sturms Versuch, die Unterschiede der cartesischen und atomistischen Theorien zu verwischen, noch die Hypothesen von Jacob Bernoulli, Hartsoeker und Johann Bernoulli. Obgleich diese eigentlich in die speziellere physikalische Entwickelung gehören, wollen wir ihnen doch hier eine Stelle einräumen, um damit die letzten Umgestaltungen zu kennzeichnen, welche die cartesische Materie in der Physik erfuhr.

Waren in dem Streben, die cartesischen Prinzipien der Physik aufrecht zu erhalten, Cordemoy zur Atomistik, Malebranche zur Fluiditätstheorie abgefallen, so suchten der berühmte Mathematiker Jacob I Bernoulli (1654/55—1705) und der um die Optik verdiente Physiker Nicolas Hartsoeker (1656—1725) den Ausweg in einer Vereinigung von beiden.

Jacob Bernoulli war durch die Schrift des Cartesianers Burcher de Volder[2] über die Schwere der Luft zu seiner Jugendarbeit *De gravitate aetheris*[3] angeregt worden,[4] welcher alle Übertragung von Bewegung nur durch Stofs oder unmittelbare Verbindung erklären wollte. Die Ansichten von Malebranche lernte Bernoulli genauer erst nach Beendigung seiner Arbeit kennen,[5] dagegen waren Boyles Arbeiten auf ihn von grofsem Einflusse. Bernoulli hält die cartesische Annahme, dafs die Ursache der Kohäsion in der Ruhe der Teilchen liege,

[1] A. a. O. p. 855, 856. — [2] S. oben S. 415.

[3] Zuerst Amst. 1683. In Jacobi Bernoulli Basiliensis *Opera*, Genevae 1744, I p. 45—163.

[4] *Op.* I p. 56. — [5] *Op.* I p. 51.

für eine *petitio principii*; sie besage nur, ein Teil werde nicht bewegt, weil er ruhe, denn getrennt werden heifst nichts andres als relativ bewegt werden.[1] Seine eigene Theorie der Schwere und Kohäsion besteht in Folgendem. Die Erde, sowie die übrigen Planeten und die Sonne, sind von einem den ganzen Weltraum erfüllenden kontinuierlichen Äther umgeben, dessen Teilchen eine doppelte ihnen von Gott ursprünglich mitgeteilte Bewegung besitzen. Die erste Grundbewegung ist eine allgemeine, stets in demselben Sinne um ein gemeinsames Zentrum (z. B. das der Erde) gerichtete Wirbelbewegung, die zweite ist eine jedem Teilchen insbesondere zukommende Eigenschaft, nach allen Seiten auf unendlich viel verschiedene Weisen bewegt zu werden. Erstere ist die Ursache der Schwere, letztere die der Elasticität.[2] Die Kohäsion der Körper beruht auf dem Druck des Äthers.[3] Die atmosphärische Luft ist kein homogener Körper, sondern sie besteht aus terrestrischen, ziemlich zerstreuten Teilchen, welche in ihren ungefähr gleichen Intervallen eine noch gröfsere Menge der sehr feinen ätherischen Materie umschliefsen. Ihre Dichtigkeit hängt von dem Verhältnis der terrestrischen zu den ätherischen Teilchen ab, eine Verdichtung entspricht dem Austreiben der letzeren.[4] Vermöge ihrer natürlichen Konsistenz oder Laxität leistet sie dem Drucke der ganzen über ihr lastenden Atmosphäre Widerstand, und darin beruht ihre Elasticität. Der Unterschied zwischen flüssigen und festen Körpern besteht nicht in der Bewegung der ersteren und der Ruhe der letzteren; wenn auch erstere meist bewegt sind, letztere ruhend, brauchen diese doch nicht absolut zu ruhen.[5] Vielmehr unterscheiden sich die flüssigen Körper von den festen dadurch, dafs ihre im allgemeinen abgerundeten Teilchen von einander getrennt wie Inseln im Meere des Äthers schwimmen, während die Teilchen der festen Körper sich gegenseitig berühren. Infolge dessen sind die ersteren beweglich und leicht trennbar, letztere dagegen werden durch den Druck des Äthers, welcher nicht zwischen die sich berührenden Teilchen dringen kann, je nach der Gröfse ihrer Berührungsflächen mehr oder weniger fest zusammen-

---

[1] *Op.* I p. 67. — [2] *Op.* I p. 83, 84. — [3] *Op.* I p. 106.
[4] *Op.* I p. 90. — [5] *Op.* I p. 122.

gehalten. Jedoch befinden sich zwischen den sich berührenden Teilchen der festen Körper Poren, die vom Äther, sowie auch von andern Körpern erfüllt sind, so daſs die Teilchen der festen Körper gewissermaſsen einen Kontinent darstellen, der durch zahlreiche Kanäle durchzogen ist, die aber ihrerseits wieder überbrückt sind.[1] Infolge dessen kann der Äther zwar alle festen Körper durchdringen, ihre Teilchen aber nicht trennen. So durchdringt er z. B. beim Torricellischen Versuche die Gefäſswände, so daſs nur der Luftdruck die Quecksilbersäule trägt, während der viel gewaltigere Ätherdruck die Kohäsion der festen Körper verursacht. Auf Grund dieser Annahmen sucht Bernoulli sämtliche Erfahrungsthatsachen zu erklären.

Verwandt mit den Hypothesen Bernoullis sind diejenigen von Nicolas Hartsoeker. Er nimmt an, daſs das ganze Universum ohne Grenzen von einer einzigen Substanz erfüllt ist, welche in zwei Arten des Seins zerfällt, die er das erste und das zweite Element nennt.[2] Das erste Element ist unendlich ausgedehnt, vollständig homogen, absolut flüssig und in jedem Punkte in beständiger Bewegung, ohne daſs je ein Teil desselben vollständig von dem andern getrennt werden könnte. Das zweite Element dagegen besteht aus absolut harten und undurchdringlichen Korpuskeln, unendlich an Zahl und verschieden an Figur und Gröſse. Diese schwimmen dergestalt in dem ersten Element, daſs sie einander niemals berühren können, weil es unmöglich ist, daſs das erste Element den Zwischenraum zwischen zwei Korpuskeln ganz verlassen könnte. Denn das Entweichen der dazwischen liegenden Teilchen kann immer nur successive geschehen, nicht auf einmal, was zur Berührung der Korpuskeln nötig wäre, wenn, wie vorausgesetzt, es keinen leeren Raum gibt. Hartsoeker hielt seine Annahmen für notwendig, weil, wie er nachweist, weder eine

---

[1] *Op.* I p. 119 f.

[2] *Principes de physique.* Paris 1696, p. 1 ff. Seine Hypothesen teilweise schon in *Essai de dioptrique*, Paris 1694. Seine späteren Schriften sowie sein Briefwechsel mit Leibniz (1706—1712) reichen bereits über den hier zu betrachtenden Zeitabschnitt hinaus. Die Korrespondenz mit Leibniz ist für die Stellung des letzteren zur Atomistik von groſsem Interesse, obwohl die Grundgedanken bereits Huygens gegenüber entwickelt wurden. S. Leibniz' *Phil. Schr.* III p. 488—535.

einzige absolut flüssige, noch eine einzige absolut starre Substanz imstande ist, die Erscheinungen zu erklären. Es werden nun mit Hilfe der Gesetze des Stofses die Bewegungen untersucht, welche die starren, in dem bewegten flüssigen Äther schwimmenden Korpuskeln erleiden müssen. Da beim Stofse die Geschwindigkeit der Körper um so gröfser wird, je kleiner der Körper ist, so werden die kleinen Partikeln sich von den gröfseren trennen und sich nach aufsen hin entfernen, während sie die gröfseren nach der Mitte hin treiben.[1] Hieraus erklärt sich die Bildung der Weltkörper und die Schwere, deren Beschleunigung aus den sich summierenden Stöfsen entsteht. Die Kohäsion der Körper wird aus dem Druck der Schwere unter Zuhilfenahme der Gestalt der Korpuskeln begründet, welche bei den festen Körpern durch Hervorragungen das Gleiten verhindern, dagegen bei den flüssigen durch ihre runde Gestalt erleichtern. Zur weiteren Erklärung der verschiedenen Eigenschaften wird wesentlich auf die Gestalt der Korpuskeln eingegangen; man kann eine Reihe solcher hypothetischen Korpuskelformen bei HARTSOEKER abgebildet sehen. Die Luftteilchen haben die Gestalt von durchbrochenen, etwa aus Ringen zusammengesetzten Kugeln (s. Fig. 13) und können die Wasserteilchen in sich aufnehmen, die beim Gefrieren heraustreten, so dafs das Gesamtvolumen gröfser wird. Diese Vorstellungen weisen sichtlich auf BORELLI zurück. Ohne näher auf die Hypothesen HARTSOEKERS einzugehen erwähnen wir nur noch, dafs er eine ausführliche Theorie des Magnetismus mit Rücksicht auf die Rotation der Erde unter Zugrundelegung einer besonderen magnetischen Materie gibt.


Fig. 13.

HARTSOEKER hat offenbar, ohne sich um den Ursprung der Begriffe von Solidität und Fluidität zu kümmern, aus DESCARTES' Lehre die für den Physiker allein wesentliche Folgerung gezogen: Es gibt einfach absolut starre Atome und einen absolut flüssigen Äther, welcher der Träger der Energie ist. Das ist im Grunde die Anschauung, welche die Physik bis zur Gegenwart beherrscht, soweit man von den NEWTONschen Centralkräften absieht. Die

[1] A. a. O. p. 66, 67.

Frage, wie jene beiden entgegengesetzten Eigenschaften aus einer gemeinsamen Quelle abzuleiten sind, ist aufgegeben.

Einen ganz ähnlichen Übergang von der cartesischen zur Fluiditätstheorie vollzieht Johann I Bernoulli (1667—1748), dessen Thätigkeit bereits über die Grenzen des Zeitraums hinausreicht, auf welchen wir uns zu beschränken haben, und den wir daher nur als Abschlufs für die Herrschaft der cartesischen Physik erwähnen. Anfänglich ganz in der Korpuskulartheorie Descartes' befangen (s. über seine Korpuskulartheorie II S. 524 ff.), sucht er auch später noch die Wirbeltheorie Newton gegenüber aufrecht zu erhalten, so noch 1730 durch die Annahme, dafs die Materie der Wirbel vom Zentrum nach der Peripherie hin abnehmende Dichtigkeit besitze, um daraus die Ellipticität der Planetenbahnen und die Verschiebung des Perihels zu erklären. Es entstehen nämlich dadurch Oscillationen, d. h. Annäherung und Entfernung der Planeten in Bezug auf die Sonne. Wenn nun die Dauer einer Oscillation nicht gleich der Dauer eines Umlaufs ist, so mufs eine Verschiebung der Lage der grofsen Axe der Ellipse eintreten.[1] Aber schon 1734 stellt er eine neue Theorie in seiner *Nouvelle physique céleste* auf, in welcher er zwei Arten von Wirbeln annimmt, um die Sonne (und die Fixsterne) einerseits, um die Hauptplaneten andrerseits; zur Erklärung der Gravitation hilft er sich durch Annahme eines Centralstroms. Derselbe wird von zusammengesetzten Korpuskeln (pelotons) gebildet, welche entstehen, wenn zwei Teilchen, durch Stofs zur Ruhe gekommen, von einem dritten fortgetrieben werden.[2] Nun fühlt Bernoulli das Bedürfnis, die cartesischen Prinzipien zu vertiefen. Er macht Descartes den Vorwurf, dafs dessen „erste Materie“ nicht aktuell ins Unendliche geteilt, sondern nur teilbar sei, und ganze Korpuskeln enthalte. Er nimmt daher zwei Arten von Materie an,[3] ganz wie Jac. Bernoulli und Hartsoeker; die eine besteht aus kleinen Massen, deren Teile zusammenhängen, ohne gerade unüberwindlich hart sein zu müssen, also aus Korpuskeln; die

---

[1] *Nouvelles pensées sur le Système de M. Descartes. Op. omnia,* Laus. et Genève 1742. T. III.

[2] *Op.* Tom. III p. 292. — [3] *Op.* Tom. III. p. 273.

andre jedoch, in welcher sich die ersteren befinden, stellt ein kontinuierliches Fluidum dar, welches wirklich ins Unendliche geteilt ist („réellement divisée à l'infini"). Das ist die Konsequenz der Fluiditätstheorie und der stetigen Raumerfüllung, zu welcher wir schon Galilei gelangen sahen, als er sich nicht zu Demokrits Atomen entschliefsen konnte. Der Kreis aller möglichen Vorstellungen über die Materie ist auch in der cartesischen Schule durchlaufen.

Zweiter Abschnitt.

Spinoza.

Die Realität der Wechselwirkung der Substanzen war zwar durch Malebranche in der Substanzialität Gottes begründet worden, aber der fortwährende Eingriff Gottes konnte mehr das theologische Interesse befriedigen als das theoretische. Das letztere findet seinen vollkommeneren Ausdruck in Spinoza,[1] der beide zu vereinigen sucht. Das Motiv ist auch bei ihm das theologische, aber nicht das kirchliche, sondern das religiöse, das aus den Tiefen des Gemüts stammend in der Liebe zu Gott wurzelt. Das Gefühl der Einheit mit der Unendlichkeit Gottes ist ihm das absolut Wertvolle, und die reinste und höchste Äufserung dieser Liebe Gottes sieht er in der Wahrheit der Erkenntnis.

Bei allen Anhängern und Gegnern Descartes' trat das theologische Interesse in der an das kirchliche Dogma gebundenen Form auf, und ihr Streben war daher vielmehr darauf gerichtet, den Begriff der Substanz so zu fassen, dafs er mit dem

[1] Benedicti de Spinoza *Opera quae supersunt omnia*, ed. C. H. Bruder. Lips. 1843. — Vgl. Schaller, I S. 326 ff. — Baumann S. 157 ff. — Kuno Fischer, *Gesch. d. n. Phil.* I, 2. Th. — Windelband I S. 186 ff. — Heussler, *Rationalismus* S. 66 ff. — Koenig, *Kausalprobl.* S. 66 ff. — A. Baltzer, *Spinozas Entwickelungsgang*, Kiel 1888.

feststehenden Dogma verträglich wurde, als ihn aus sich selbst ohne jede äufsere Rücksicht und nur aus dem Verlangen der Erkenntnis nach Einheit zu entwickeln. Spinoza ist von allen innern und äufseren Fesseln frei, welche die in den Lehren der Kirche aufgewachsenen Denker immer wieder dazu führen, die Verkündigungen der Bibel und der Kirche entweder durch künstliche Deutungen mit den Ergebnissen der Forschung zu versöhnen, oder ihre Autorität als höhere Wahrheit unantastbar über die Wissenschaft zu stellen. Mit voller Energie fordert er im *theologisch-politischen Tractat* die Freiheit des Denkens, unbekümmert um den wütenden Hafs seiner Feinde, um das furchtsame Entsetzen seiner Freunde. Das wahrhaft religiöse Leben, das in Einfalt und Wahrhaftigkeit der Seele besteht,[1] kann sich in Liebe und Frömmigkeit erst entwickeln, wenn die Religion sich beschränkt auf das innere Leben des Gemüts und sich nicht mehr mischt in den Streit der Gedanken. Die Wissenschaft aber mufs frei sein; es gibt nur eine Quelle der Wahrheit, die Vernunft. Der Wunderglauben ist zu verwerfen. In dieser befreienden That, welche die bisher immer noch sorgfältig ummäntelte Konsequenz aus der Lebensarbeit Galileis und Descartes' enthüllt, liegt das Verdienst Spinozas um die Geschichte der Wissenschaft, der Kultur überhaupt. Darum vornehmlich ist er hier zu erwähnen. Seine Ausgestaltung der cartesischen Metaphysik zur Lehre von der einheitlichen Substanz ist zwar ein Ereignis in der Geschichte der Philosophie, aber für die Förderung der Erkenntnis des Körperbegriffs, für die Entwickelung der Korpuskulartheorie und der Physik ist dieselbe nur indirekt durch den Einflufs auf Leibniz zur Geltung gekommen und hat hier zur Auflösung der kinetischen Theorie mitgewirkt.

Es scheint allerdings, als müfste der strenge Mechanismus, welchen Spinoza in der Körperwelt erblickt, deren Wirkungen nur wieder aus körperlichen Wirkungen erklärt werden dürfen, der mechanischen Naturwissenschaft förderlich sein. Hatten andre Vertreter der mechanischen Naturauffassung noch die Freiheit des Willens zugelassen, so hebt Spinoza auch diese auf. Aber dieselbe grofsartige Einseitigkeit, welche die

[1] *Tract. theol.-pol.* c. 7 § 90. *Op.* III p. 124.

Abhängigkeit der Einzeldinge mit absoluter Notwendigkeit aus der unendlichen Substanz fliefsen läfst, zerstört auch die Möglichkeit, die Aufgabe der Physik zu lösen, diese Einzeldinge zu erkennen, das bunte Leben der Sinnlichkeit in den ewigen Gesetzen des Unendlichen wieder aufzufinden.

Spinoza ging bekanntlich von Descartes aus, der das Verhältnis der denkenden und der ausgedehnten Substanz zur eigentlichen unendlichen Substanz Gottes im Unklaren gelassen hatte; Spinoza erklärt Denken und Ausdehnung als die beiden einzigen uns erkennbaren Attribute der unendlichen, einzigen Substanz. Die Zustände der Substanz, durch welche die Einheit der Substanz als etwas andres, Gesondertes auftritt, heifsen *Modi*. Die Modi der Ausdehnung sind die Körper. „Unter Körper verstehe ich einen Modus, welcher Gottes Essenz, insofern er als ausgedehntes Ding aufgefafst wird, in gewisser und bestimmter Weise ausdrückt.“[1] Dinge, welche eine begrenzte Existenz haben, sind Einzeldinge; wenn mehrere von ihnen so zusammenwirken, dafs sie Ursache der einen Wirkung sind, so werden sie insofern als ein Ding betrachtet. Wir empfinden, dafs ein gewisser Körper auf viele Weise erregt wird, und wir nehmen nichts wahr als Körper und Modi des Denkens. Die Ordnung und Verknüpfung der Vorstellungen ist dieselbe wie die Ordnung und Verknüpfung der Dinge.[2] Das aktuelle Sein der menschlichen Seele beruht in der Vorstellung eines *actu* existierenden Einzeldings, und der Gegenstand dieser Vorstellung ist ein *actu* existierender Körper und nichts andres.[3]

Alle Körper bewegen sich oder ruhen, die Bewegung hat verschiedene Grade der Schnelligkeit. Die Körper unterscheiden sich voneinander in Bezug auf Bewegung und Ruhe, Schnelligkeit und Langsamkeit, aber nicht in Bezug auf die Substanz. Die Bestimmung zur Bewegung oder Ruhe kann nur wieder von einem andern Körper herrühren, welcher ebenfalls zur Bewegung oder Ruhe von einem andern bestimmt ist, u. s. f. ohne Ende. Alle Zustände der Körper folgen nur aus der Be-

[1] *Eth.* II Def. 1. *Op.* I p. 223.
[2] A. a. O. Pr. 7. p. 227.
[3] A. a. O. Pr. 11, 13. p. 232 f.

wegung, aber sie sind verschieden je nach der Verschiedenheit der Natur sowohl der bewegenden als der bewegten Körper.[1]

Wir suchen in diesen Sätzen SPINOZAS, welche die Natur der einfachen Körper bestimmen sollen, vergeblich nach einer Festsetzung, welche den Einzelkörper von der allgemeinen Ausdehnung trennt. Das Einzige, was die Körper als Teile der Ausdehnung unterscheidet, ist die Bewegung. In der körperlichen Ausdehnung selbst aber, welche nichts anders ist als Quantität, gibt es keine Teile. Die Quantität finden wir nur endlich, trennbar und aus Teilen zusammengesetzt, insofern wir sie in der sinnlichen Vorstellung vor uns haben; wenn wir sie dagegen mit dem Verstande betrachten, insofern sie Substanz ist, dann ist sie unendlich, einzig und untrennbar. Die Materie ist überall dieselbe, und die Verschiedenheit von Teilen besteht nur, insoweit wir sie als verschiedenartig affiziert betrachten, nicht aber *realiter*. So nehmen wir z. B. an, dafs das Wasser, insofern es Wasser ist, geteilt und seine Teile voneinander getrennt werden können, aber nicht, insofern es körperliche Substanz ist; in dieser Hinsicht wird es nämlich weder getrennt noch geteilt. Als Wasser entsteht und vergeht es, als Substanz dagegen nicht.[2]

Kommt aber den Teilen und ihrer Bewegung keine Realität im Sinne der Substanz zu, so wird es auch unmöglich, die sinnlich gegebene Mannigfaltigkeit der Körper auf wissenschaftliche Begriffe zu bringen. Den Weg, welchen DESCARTES eingeschlagen hatte, indem er den Teilen der Materie von Anfang an durch Gott verschiedenartige Bewegungen mitgeteilt sein liefs, hat sich SPINOZA mit vollem Bewufstsein verschlossen. Die körperliche Substanz — d. h. das Attribut der Ausdehnung, welches wir an der unendlichen Substanz auffassen — ist ja nicht geteilt. Wie kommen nun die erfahrungsmäfsig gegebenen Modi der Körper und ihre Bewegungen zu dieser Substanz? SPINOZA hat die Frage nicht gelöst und konnte sie auch nicht lösen. Er schreibt (15. Juli 1676) an TSCHIRNHAUS: „In Bezug auf Ihre Frage, ob aus dem Begriff der Ausdehnung allein die Verschiedenheit der Dinge a priori bewiesen werden könne, so glaube ich schon klar genug gezeigt zu haben, dafs dies un-

[1] *Op.* I p. 234—236. — [2] *Eth.* I Pr. 15. Schol. *Op.* I p. 200.

möglich sei; daher ist die Materie von DESCARTES nicht gut als Ausdehnung definiert; diese mufs vielmehr notwendig durch ein Attribut erklärt werden, was ewige und unendliche Essenz ausdrückt. Aber dies werde ich vielleicht ein ander Mal, wenn mein Leben ausreicht, klarer mit Ihnen verhandeln; denn bis jetzt habe ich mir hierüber nichts in geordneter Weise zurechtlegen können."[1]

Was als Beantwortung der hier hinausgeschobenen Frage gelten könnte, müssen wir bei SPINOZA in der oben erwähnten ersten Definition im 2. Buche der *Ethik* suchen, welche den Körper als einen Zustand erklärt, der Gottes Wesen als ausgedehntes Ding in gewisser und bestimmter Weise ausdrückt. Das ist also dasjenige, was aufser der Ausdehnung gegeben sein mufs, um den Körper zu konstituieren. Die Bestimmtheit des Einzelkörpers mufs metaphysisch fundiert, d. h. an die Wesenheit Gottes geknüpft sein. Allerdings wird noch, wenn auch wesentlich zu psychologischen Zwecken, den Einzeldingen eine gewisse Selbständigkeit reserviert. Aus einer Verallgemeinerung des cartesischen Beharrungsgesetzes wird gefolgert, dafs kein Ding ohne äufsere Ursache zerstört werden könne, und jedes Ding, soweit es in sich ist, in seinem Sein zu beharren strebt. Dieser Conatus, durch welchen jedes Ding in seinem Sein zu beharren strebt, soll nichts sein als die aktuelle Essenz des Dinges selbst. Dafs das blofse Beharren als ein Streben zum Beharren eingeführt wird, ist offenbar willkürlich, und nur geschehen, um die Lehre vom Affekt zu begründen. Für den Begriff des Einzelkörpers ist damit nichts gewonnen, insofern seine Selbständigkeit schon vorausgesetzt ist; es bleibt also für diese nur die Berufung darauf, dafs es sich um einen durch Gottes Essenz bestimmten Modus der Ausdehnung handelt.[2] Worin diese Bestimmung aber besteht, ist nicht gesagt, und es ist klar, dafs mit diesen Festsetzungen weder für die Physik noch für die erkenntniskritische Feststellung des Körperbegriffs etwas auszurichten ist.

Bei seinen Ausführungen über den Körper in der *Ethik* hatte SPINOZA überhaupt nur den menschlichen Körper im Auge,

---

[1] *Ep.* 72. *Op.* II p. 337. Vgl. BALTZER S. 64.
[2] *Eth.* III Pr. 4, 6, 7. *Op.* I p. 277 f.

um aus den Einwirkungen der Körper auf die Unterschiede der Vorstellungen zu schliefsen.[1] Wird der menschliche Körper durch fremde Körper in einen gewissen Zustand versetzt, so mufs die Vorstellung des letzteren sowohl die Natur des menschlichen als die des fremden Körpers enthalten.[2] Die menschliche Seele fafst also zugleich mit der Natur ihres Körpers die Natur vieler andrer Körper auf; daher enthalten aber die Vorstellungen, welche wir von diesen Körpern haben, mehr die Konstitution unseres eigenen Körpers als die der fremden. Die Kenntnis, welche die Seele von sich, von ihrem Körper und den fremden Körpern hat, ist somit keine zureichende, sondern eine verworrene, solange sie die Gegenstände in der gewöhnlichen Weise vorstellt, d. h. solange sie von aufsen, aus dem zufälligen Begegnen der Gegenstände bestimmt wird. Erst dann betrachtet sie die Gegenstände klar und bestimmt, wenn sie von innen veranlafst wird, die Übereinstimmung, Unterschiede und Gegensätze in den Gegenständen zu erkennen.[3] Die Erfahrung aus den Sinnen ist verworren, nur die Erkenntnis aus Allgemeinbegriffen, durch die Vernunft, ist zureichend und wahr.[4] Unter diesem Gesichtspunkt aber verschwindet die sinnliche Wirklichkeit der Einzeldinge, sie lösen sich in die Notwendigkeit der allgemeinen Substanz auf. „Diese Notwendigkeit der Dinge ist die eigene Notwendigkeit der ewigen Natur Gottes, es liegt also in der Natur der Vernunft, die Dinge unter dieser Bestimmung der Ewigkeit zu betrachten.“ „Wenn auch jedes Einzelne von einem Andern auf eine ge-

[1] *Op.* I p. 234. KIRCHMANN S. 61, 62. „Das, was bisher dargelegt worden ist, ist sehr allgemein und gilt nicht blofs für Menschen, sondern auch für die übrigen Einzeldinge, die alle, wenn auch in verschiedenen Graden, doch beseelt sind. Denn von jedem Dinge gibt es notwendig in Gott eine Vorstellung, deren Ursache Gott ist, ebenso wie dies bei der Vorstellung von dem menschlichen Körper der Fall ist, und mithin gilt das, was von der Vorstellung des menschlichen Körpers gesagt ist, auch von der Vorstellung jedes andren Dinges.“ „Je mehr ein Körper vor dem andern geeignet ist, mehreres zugleich zu thun oder zu leiden, desto mehr ist dessen Seele mehr wie die übrigen geeignet, mehreres zugleich aufzufassen; und je mehr die Handlungen eines Körpers von ihm allein abhängen und je weniger andre Körper mit ihm zusammenwirken, desto geschickter ist seine Seele, bestimmt zu erkennen.“

[2] *Eth.* II Pr. 16. *Op.* I p. 239.

[3] *Eth.* II Pr. 29. Schol. *Op.* I p. 249. — [4] *Op.* I p. 256.

wisse Weise zur Existenz bestimmt wird, so folgt doch die Kraft, durch welche jedes in der Existenz verharrt, aus der ewigen Notwendigkeit Gottes."[1] Nun beruht aber wahre Vernunfterkenntnis nur auf den Allgemeinbegriffen, welche nicht das Wesen einer einzelnen Sache ausdrücken; daher haben wir wahre Erkenntnis nur, insofern wir die Dinge ohne alle Beziehung auf die Zeit unter der Form der Ewigkeit auffassen.

Mit dieser Elimination der Zeit aus der wahren Erkenntnis ist das ausgedrückt, was SPINOZA unter Erkenntnis nach Art der Mathematik versteht. Das Geschehen in der Zeit soll sich für die Vernunft darstellen als der innere, notwendige Zusammenhang der Dinge in der zeitlosen Substanz. Dadurch aber erhält der dynamische Zusammenhang von Ursache und Wirkung nur den logischen Charakter von Grund und Folge, und auch diese Abhängigkeit ist nur bedingt in der Unterordnung der Modifikationen in der allgemeinen Substanz. Die Einzeldinge sind in einem Verhältnis zur Substanz gedacht, wie die Eigenschaften einer geometrischen Figur zum Begriffe derselben. Wir sind also hier wieder zu einem Rationalismus gelangt, in welchem das Denkmittel der Substanzialität dominiert und daher kein Übergang zum Einzeldinge der Sinnlichkeit möglich ist. Die Aufgabe, den kausalen Zusammenhang der Dinge zu ermitteln, wird aufgehoben; wie sich der begriffliche Zusammenhang unter dem Attribut der Ausdehnung und in der sinnlichen Erfahrung darstellt, ist unmöglich zu erkennen. Ein Gesetz, nach welchem in den physischen Körpern eine Wirkung sich aus der Ursache bestimmen liefse, gibt es bei SPINOZA nicht.

Aus den Grundprinzipien der spinozistischen Metaphysik ist es somit unmöglich, zur Begründung einer Naturwissenschaft zu gelangen. Wir finden daher auch bei SPINOZA keine Physik. Wenn wir seinen Gedankengang dort aufsuchen, wo er selbst als Physiker auftritt, so zeigt sich, dafs er über cartesische Anschauungen hinaus zu keiner weiteren Förderung der Theorie der Materie gekommen ist.

In der Darstellung der Prinzipien DESCARTES' nach geometrischer Methode, welche SPINOZA im Winter 1662/63 für den

[1] *Op.* I, p. 260.

Unterricht eines jungen Mannes (ALB. BURGH) schrieb, den er noch nicht für reif hielt, in seine eigne, damals bereits in den Grundzügen feststehende Philosophie eingeführt zu werden, hält er sich in der Auffassung der Materie und der Bewegung ganz an DESCARTES. Doch tritt bei der Darstellung des Beharrungsgesetzes bereits jene Auffassung hervor, welche sich in der *Ethik* als ein Conatus der Dinge zum Verharren im Sein kundgibt, die Auffassung des Beharrens als eines aktiven Widerstandes gegen jede Veränderung. SPINOZA leitet aus der Beharrung den Lehrsatz (I, 23) ab: „Wenn die Zustände eines Körpers eine Veränderung zu erleiden genötigt werden, so wird diese Veränderung immer die möglich kleinste sein.“[1] Auf dieses Prinzip der kleinsten Veränderung sucht SPINOZA eine zuverlässigere Ableitung der Stofsregeln DESCARTES' zu gründen.

Über die Stofsgesetze selbst ist jedoch SPINOZA zu keiner klaren Auffassung gelangt. Er erklärt, dafs er nur die sechste von DESCARTES aufgestellte Stofsregel für falsch halte, wobei aber auch HUYGENS im Irrtum sei.[2]

In dem Briefwechsel mit BOYLE (1662 und später[3]) über die Zersetzung und Wiederherstellung des Salpeters zeigt sich SPINOZA ganz als Anhänger der cartesischen Korpuskulartheorie und entschiedener Gegner des leeren Raumes. Zwischen dem Salpeter und dem in der Hitze sich daraus entwickelnden Salpetergeist will er keinen andern Unterschied anerkennen als den, dafs im Salpeter die Partikeln ruhen, im Salpetergeist sich heftig erregt untereinander bewegen. Die ruhenden Teilchen liegen mit ihren breitesten Seiten auf, verstopfen dadurch die Poren der Zunge und erregen so das Gefühl der Kälte; die bewegten Teilchen gehen mit ihren Spitzen voran, dringen in die Poren der Zunge ein und stechen, ähnlich wie eine Nadel verschiedene Empfindungen veranlafst, je nachdem sie mit der Spitze oder mit ihrer langen Seite die Zunge berührt.[4]

Zu den Begriffen, welche die Natur nicht so, wie sie an sich ist, sondern wie sie auf die menschlichen Sinne bezogen

[1] *Op.* I p. 80. — [2] *Ep.* 15 an OLDENBURG, Nov. 1665. *Op.* II p. 187.
[3] Vgl. oben II S. 278 Anm. 2. — [4] *Op.* II p. 154.

wird, erklären, rechnet SPINOZA nicht blofs das Sichtbare und Unsichtbare, das Warme und Kalte, sondern auch das Feste und Flüssige; höchste und reine Begriffe, welche die Natur, so wie sie an sich ist, darstellen, sind nur die Bewegung und die Ruhe mit ihren Gesetzen.[1] Er will daher auch die Einteilung der Körper in feste und flüssige nicht gelten lassen, weil diese Bezeichnung davon abhängig ist, dafs die Kleinheit der Teilchen unter den Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung bleibt; wären nämlich die Teile ganz ebenso gestaltet und bewegt, aber dabei grofs, so würden wir solche Körper nicht flüssig nennen, obwohl diejenigen Eigenschaften, welche allein den Begriff bestimmen, nicht verändert wären.

SPINOZA will die Gröfse eines Teiles nicht als ein Merkmal zur Bestimmung des einzelnen Teils gelten lassen, sondern betrachtet dieselbe als etwas Veränderliches, lediglich von der Bewegung Abhängiges. Dennoch sieht er sich hier genötigt, der Korpuskulartheorie das Zugeständnis zu machen, dafs es selbständige Teile des Stoffes gibt; denn man müfste sonst, sagt er, den Fortgang ohne Ende vorziehen, oder, was noch verkehrter ist, einen leeren Raum annehmen.[2]

In der gesamten Beurteilung der BOYLEschen Abhandlung hatte SPINOZA den praktischen Zweck derselben verkannt, demzuliebe BOYLE gegen die allgemein verbreiteten aristotelischen und chemistischen Ansichten vom Körper die korpuskulare Auffassung plausibel machen wollte. Für ihn stand es bereits völlig fest, dafs es nur eine mechanische Erklärung der Erscheinungen geben könne; die Korpuskulartheorie sei schon durch BACON und DESCARTES hinreichend bewiesen.[3] Er hielt es daher für überflüssig, dafs BOYLE beabsichtigte, „die Unsicherheit der Grundlage darzulegen, auf der jene kindische und possenhafte Lehre von den substanziellen Formen, Qualitäten u. s. w. beruht.“[4] Dies waren Einsichten, welche nach SPINOZAS Meinung nicht auf experimentellem Wege bewiesen werden konnten und brauchten, sondern welche für ihn aus metaphysischen Grundlagen über den Begriff der Ausdehnung folgten. Darum konnte er sich mit BOYLE nicht ver-

[1] A. a. O. p. 159. — [2] A. a. O. p. 160. — [3] A. a. O. p. 157.
[4] A. a. O. p. 170.



ständigen, der gerade das Entgegengesetzte wollte, alle metaphysische Begründung ablehnte und nur das Interesse der physikalischen Empirie im Auge hatte.

Die cartesische Erklärung der Aggregatzustände hat Spinoza auch später noch beibehalten. „Wenn Körper gleicher oder verschiedener Gröfse von den übrigen so zusammengedrängt werden, dafs sie aufeinander liegen, oder sich mit gleichen oder verschiedenen Geschwindigkeitsgraden bewegen, so dafs sie sich ihre Bewegungen gegenseitig in einem bestimmten Verhältnisse mitteilen, so sagen wir, dafs sie miteinander vereinigt sind und alle zusammen einen Körper oder ein Individuum bilden, das von den übrigen durch diese Vereinigung von Körpern unterschieden wird.“ Diese Definition zielt wesentlich auf den organischen Körper. „Je nachdem die Teile eines Individuums oder zusammengesetzten Körpers mit gröfseren oder kleineren Oberflächen aufeinanderliegen, desto schwerer oder leichter können sie zu einer Veränderung ihrer Lage gezwungen werden.“ Daher sollen die Körper, deren Teile in grofsen Oberflächen aufeinander liegen, hart, deren Teile in kleinen aufeinander liegen, weich, und endlich deren Teile sich untereinander bewegen, flüssig heifsen.[1] Die weiteren Lehnsätze sollen dazu dienen, festzustellen, dafs die Natur des Individuums, wobei hier durchaus an den organischen Körper gedacht ist, sich durch Austausch der Teile nicht ändert, wenn nur die Gesetze der Fortdauer und Mitteilung der Bewegungen ungeändert bleiben. Im letzten Grunde will Spinoza darauf hinweisen, dafs die ganze Natur nur ein Individuum ist, dessen Teile, d. h. alle Körper, in unendlichvielen Modis wechseln ohne jede Veränderung des ganzen Individuums. Dies ausführlicher zu beweisen, lehnt Spinoza ab, weil er nicht die Körper zum Hauptgegenstande seiner Untersuchung habe machen wollen.[2]

Es zeigt sich auch hier, dafs sein Interesse auf den Zusammenhang in der Einheit des Ganzen gerichtet ist und dafs ihm die Aufgabe der Erkenntnis an diesem Zusammenhange haftet. Wie aber dieselbe zu lösen sein soll, ohne die Gesetze

---

[1] *Eth.* II Pr. 13. Def. und Coroll. 3. *Op.* I p. 236.

[2] A. a. O. p. 238.

der Wechselwirkung der Einzelkörper zu erforschen, bleibt das Rätsel. In der That finden wir bei SPINOZA keinen Versuch zu einer mathematischen Begründung der Bewegungsgesetze und können ihn auch nicht finden, weil die begriffliche Realität, welche die Sicherheit der Erkenntnis gewährleistet, für ihn nur in der Vollkommenheit der unendlichen Substanz besteht. Es kommt daher SPINOZA für die Entwickelung der Theorie der Materie nur insoweit in Betracht, als die Ausgestaltung der metaphysischen Systeme von der Konsequenz seines Gedankenganges beeinflufst wird. LEIBNIZ vollzieht diese Entwickelung in der Substanzialisierung der Kraft. Er repräsentiert in der Wandlung seines eigenen Standpunktes, ähnlich wie KEPLER den Übergang von der hylozoistischen zur mechanischen, so denjenigen von der mechanischen zur dynamischen Auffassung.

Dritter Abschnitt.

Leibniz.

1. Die Theorie der konkreten Bewegung.

Da die Entwickelungsgeschichte der Erkenntnis nur im psychologischen Erlebnis der einzelnen Menschen in die Erscheinung treten kann, so hat sie auch ihre idyllischen Züge, die sich im Anekdotenschatz der Kulturgeschichte ablagern. Infolge des Streites mit einem Weinhändler über den Inhalt der Weinfässer legt KEPLER in der *Stereometria doliorum* die Grundzüge zur cavalierischen Methode und zur Analysis des Unendlichen; GALILEI folgt den Schwingungen der Ampeln im Dom von Pisa und findet die Pendelgesetze; im Winterquartier am warmen Ofen zu Neuburg an der Donau steigt DESCARTES der Gedanke der analytischen Methode auf; NEWTON sieht im Garten zu Woolsthorpe den Apfel vom Baume fallen und entdeckt die allgemeine Gravitation; und der junge LEIBNIZ geht im Rosenthal bei Leipzig spazieren, um sich gegen die substan-

ziellen Formen für die mechanische Theorie und Demokrit zu entscheiden. Wir untersuchen freilich nicht die psychologischen Zufälle der Denker, sondern den Erkenntniswert der Gedanken; aber im Leben des einzelnen Forschers können die ersteren mitunter ein Licht auf die Umgestaltung der letzteren werfen. Leibniz' Jugendliebe zur Atomistik hat ihn, als er ihr intellektueller Gegner geworden war, doch noch mit ihrem Bilde in der Monadolagie verfolgt; und trotz seiner späteren rein dynamischen Auffassung der Materie ist er in der Physik ein echter Kinetiker geblieben. An dieser Stelle haben wir die Theorie von Leibniz während jener Epoche zu betrachten, in welcher er vor der Substanzialisierung des Kraftbegriffs zu den Vertretern einer eigentümlichen Korpuskulartheorie zählt und auf durchaus kinetischem Standpunkte steht. Sie reicht etwa bis zum Jahre 1680.

In seiner ersten Jugend war Leibniz unter dem Einfluſs der Schriften von Bacon, namentlich aber von Gassendi ausgesprochener Anhänger der Atomistik des letzteren;[1] in ihr sieht er (1665) den einzigen Weg zur Naturerkenntnis,[2] und auch noch im folgenden Jahre übt er seinen Scharfsinn an dem Verhältnis der subjektiven Sinnesqualitäten zur Lagerung der Atome, indem er seinem Leipziger Lehrer Jacob Thomasius auf dessen Ersuchen schriftlich die paradoxe Frage erörtert, mit welchem Rechte Anaxagoras den Schnee habe schwarz nennen können.[3] Hier hegt

---

[1] Den Entwickelungsgang von Leibniz in Bezug auf seine Stellung zur Theorie der Materie stellt mit ausführlichen Belegen dar David Selver, *Der Entwickelungsgang der Leibnizschen Monadenlehre bis 1695* in Wundts *Philos. Stud.*, Bd. III, S. 216 ff. u. 420 ff.

[2] *De arte combinatoria.* Gerh., *M. Schr.* V p. 34 (§ 34).

[3] Gerh., *Phil. Schrift.* I, p. 8, 9. Wir bemerken bei dieser Gelegenheit, daſs die Frage, ob der Schnee weiſs sei oder nicht, nur das konkrete Beispiel für die vielfach erörterte Schulfrage nach der realen Bedeutung der Farben war. Wir finden dieselbe Frage wenige Jahre darauf ausführlich behandelt mit Beziehung auf die Scholastiker, sowie auf Descartes, Digby, Sennert, Sperling, Willis und andre Neuere in einem Büchlein, das den vielversprechenden Titel führt: J. J. Gothofredi Voigtii, *contra Nivis albedinem realem Dissertatio Physica,* in qua vulgata illa omniumque fere sriptis ac ore celebrata opinio, quae statuit, nivem vere ac realiter esse albam, falsitatis arguitur solidisque rationibus accurate refellitur. Explicatur etiam tota Nivis natura, et origo colorum tum in genere, tum Albedinis in specie, multis hinc inde additis proble-

er noch die Ansicht, dafs sich kubische Atome, wie die der Erde, ohne Intercession des Vacuums aneinander lagern können, infolgedessen die pyramidenförmigen Feueratome von ihnen zurückspringen und die Farbe erregen. Dagegen erklärt er bereits zwei Jahre später ein derartiges Aneinanderhaften der Atome für „absurd und aller Erfahrung widersprechend.“[1] In der That ist das Bedenken, dafs Atome mit ebenen Flächen, wenn sie sich mit diesen aneinander lagern, nie wieder getrennt werden könnten, seitdem stets einer der hauptsächlichsten Einwände gewesen, welche von Leibniz gegen die Atomistik angeführt wurden; hierauf beziehen sich noch seine Erörterungen mit Huygens.[2] Leibniz nimmt nämlich an, dafs nach Gassendi die Untrennbarkeit auf dem Ausschlufs alles Vacuums beruhe, und dafs daher zwei sich längs einer Fläche berührende Atome ein einziges bilden müfsten.

Schon in den ersten Schriften, der *Ars combinatoria* (1665) und der *Confessio naturae contra atheistas* (1668), spielt das theologische Motiv ein, ohne jedoch die mechanische und atomistische Auffassung der Natur selbst zu stören, sondern nur in dem Sinne, dafs die Hilfe Gottes für den Schöpfungsakt nicht zu entbehren sei, weil aus dem Begriffe der Materie nicht die bestimmte Gröfse, Gestalt und aktuelle Bewegung der individuellen Atome ableitbar seien. Die ursprüngliche Kohärenz der Atome müsse von Gott selbst gegeben sein, und ebenso bedürfe die Wechselwirkung derselben der Festsetzung durch ein göttliches Wesen, dem die Attribute der Einheit, Weisheit und Macht zukommen. Diese theologischen Erwägungen haben jedoch den Einflufs, dafs Leibniz mehr und mehr dazu übergeht, die Bewegung als ein fremdes, der Materie nicht immanentes Prinzip abzulösen. Dies zeigt sich in den Versuchen der Jahre 1668 und 1669, die mechanische Theorie mit Aristoteles, freilich nicht ohne gewaltsame Umdeutung der Begriffe des letzeren, zu versöhnen.[3] Er sagt hier, dafs die Ursache

---

matibus jucundis atque curiosis v. g. de colore Adami, Coeli, Aquae, Incolarum frigidioris soli, item de vermibus nivis et sexangulari ejus figura aliisque. Impensis Joach. Wildii. Gustrovi 1669.

[1] *Phil. Schr.* IV p. 109.

[2] *Math. Schr.* II p. 145 u. a. Vgl. oben II S. 363.

[3] In den Briefen an J. Thomasius. *Phil. Schr.* I p. 9 ff. Selver S. 234 ff.

der Bewegung notwendig aufserhalb des Körpers (*extra corpus*) liegen müsse, weil der Körper als solcher nur in Materie und Gestalt bestehe und in diesen beiden keine Ursache der Bewegung gedacht werden könne. Da nun aufserhalb des Körpers nichts denkbar ist als das denkende Wesen oder der Geist, so mufs der Geist die Ursache der Bewegung sein; der leitende Geist des Universums aber sei Gott. Es ist dies ganz dieselbe Schlufsfolge, welche später Cotes aus der Newtonschen Fernwirkung der Materie zog; wir erwähnen das hier, weil sich bei Leibniz ganz wie bei Newton der Zusammenhang des theologisch-metaphysischen Motivs mit dem Übergange vom Mechanismus zum Dynamismus herausstellen wird.

Der Einflufs cartesischer Anschauungen mag bei Leibniz schon in der Richtung mitgewirkt haben, dafs er sich Gassendi gegenüber die Frage nach der Individuation der Materie vorlegte; auch bei diesem fand ja das theologische Motiv Befriedigung, indem die Atome mit ihren Eigenschaften der Gröfse, Gestalt und Bewegung von Gott geschaffen waren. Wurde aber die bestimmte Gestalt nicht als eine der Materie wesentliche, sondern durch die äufsere Macht des Weltschöpfers hinzugefügte Eigenschaft erkannt, so mufste auch für die Festigkeit dieselbe Frage auftreten. Und fällt nun die absolute Festigkeit als eine immanente Eigenschaft der Materie, so bleibt nur der cartesische Begriff der Ausdehnung übrig, und der Gegensatz zum leeren Raum ist gleichzeitig aufgehoben. Um aber den Eingriff des Schöpfers möglichst auf eine ursprüngliche Handlung zu beschränken, mufs das Individualisierungsprinzip der Materie in einer anfänglichen Anordnung und einer Gesetzlichkeit der Veränderung gesucht werden. Letztere mufs der Art der Bewegung zufallen, welche der Materie ursprünglich erteilt ist. Wenn daher Leibniz, woran kein Zweifel ist, nur mit den allgemeinen Grundbegriffen des cartesischen Systems bekannt war, so ist verständlich, dafs er auch ohne genauere Kenntnis der Physik Descartes' zu einer Umformung der Atomistik in eine Korpuskulartheorie gelangen konnte, wie sie in der *Hypothesis physica* vorliegt. Die Grundlage derselben ist durchaus kinetisch, sie unterscheidet sich aber von der Atomistik dadurch, dafs den Teilen der Materie keine ursprüngliche Festigkeit zukommt und dafs es kein Vacuum gibt. Letzteres ist zwar eine

cartesische Lehre, ersteres jedoch nicht; denn nach Descartes ist die ruhende Materie fest, bei Leibniz dagegen im allgemeinen flüssig. Schon dies weist darauf hin, dafs Hobbes und nicht Descartes den wesentlichsten Einflufs auf die Entstehung der *Hypothesis physica* geübt hat. Wir werden in derselben in jeder Hinsicht, namentlich in der Auffassung der Bewegung als Conatus, Ansichten finden, die sich teils aufs engste an Hobbes anlehnen, teils in sichtbarer Beziehung auf ihn geschrieben sind. Erwägt man, dafs Leibniz selbst versichert, er habe die *Hypothesis* verfafst, ehe er von Descartes' System eine genauere Kenntnis gehabt habe,[1] dafs er dagegen Hobbes genau kennt und mit ihm unmittelbar vor und während der Abfassung seiner Hypothese in Briefwechsel gestanden und dieselben Probleme erörtert hat, die er dort ausführt,[2] so ist kein Zweifel, dafs der Einflufs Descartes' gegenüber dem von Hobbes vollständig zurücktritt.

Leibniz schrieb die *Hypothesis physica*[3] im Jahre 1670. Sie besteht aus zwei Teilen, deren erster den Titel führt: *Theoria motus concreti seu hypothesis de rationibus phaenomenorum nostri Orbis;* er ist der *Royal Society* in London gewidmet, welche von derselben einen besonderen Abdruck machen liefs, so dafs es auch Exemplare gibt, welche den zweiten Teil nicht enthalten. Dieser ist der Pariser Akademie der Wissenschaften zugeeignet und bezeichnet als *Theoria motus abstracti seu rationes motuum universales, a sensu et phaenomenis independentes.*[4] Der erste Teil versucht sämtliche Naturerscheinungen auf die darin von Leibniz aufgestellte Äther- und Bläschenhypothese zurückzuführen, der zweite gibt die rationale Begründung der in der Korpuskulartheorie der ersten vorausgesetzten Begriffe des Kontinuums der Materie und der Bewegung. So sehr Leibniz

---

[1] Brief an Fabri, *M. Schr.* VI p. 84.

[2] Vgl. Tönnies, *Leibniz und Hobbes. Phil. Monatsh.* 1887. XXIII p. 557 ff.

[3] *Hypothesis physica nova,* qua Phaenomenorum Naturae plerorumque causae ab unico quodam naturali motu, in globo nostro supposito, neque Tychonicis, neque Copernicanis aspernando, repetuntur. Autore G. G. L. L. Moguntiae 1671. Bei Gerhardt, *Math. Schr.* VI p. 17 ff.

[4] *M. Schr.* VI p. 3. — Vgl. auch Karl Günther Ludovici, *Ausführlicher Entwurf einer vollständigen Historie der Leibnizschen Philosophie.* Leipzig 1737. S. 334—337.

späterhin in seiner Ansicht über den Ursprung der Bewegung von der *Hypothesis physica* abweicht, so hat er doch die Grundhypothese über die Wirksamkeit des Äthers in seiner kosmischen Physik immer beibehalten, und sein Kontinuitätsbegriff findet ebenfalls schon in der *Theoria motus abstracti* seine Grundlegung. Noch nach 1676 gab Leibniz in einem Briefe an Fabri eine Übersicht seiner in der *Hypothesis physica* aufgestellten Theorie, wobei er sagt: „Wenn ich damit auch nicht ins Schwarze getroffen habe, so glaube ich darum doch nicht weniger etwas gethan zu haben, was der Mühe wert ist; denn ich habe die Menschen auf einen neuen, und wenn ich nicht irre, der Wahrheit entsprechenderen Weg zur Naturerkenntnis hingewiesen."[1] Und noch in einem Brief an Foucher vom 16. März 1693 sagt er von der *Hypothesis*: „Es mag einiges Gute darin sein, da Sie und andre dieser Ansicht sind. Indessen gibt es mehrere Punkte, in denen ich gegenwärtig besser unterrichtet zu sein glaube, unter anderm drücke ich mich jetzt ganz anders über die Indivisiblen aus. Es war der Versuch eines jungen Mannes, der sich noch nicht in die Mathematik vertieft hatte. Die Gesetze der abstrakten Bewegung, welche ich damals gegeben habe, müfsten in Wirklichkeit statthaben, wenn es nicht in den Körpern etwas andres gäbe als das, was man nach Descartes und selbst nach Gassendi darunter begreift."[2] Dies „andre", welches nach Leibniz späterer Ansicht zu den Körpern hinzukommen mufs, ist die Kraft, ihre Wirkung aber in der Bewegung denkt er sich als auf dieselben Gesetze führend; seine frühere Hypothese vom Körperbegriff bedarf nur der metaphysischen Ergänzung.[3]

Die „neue physikalische Hypothese", welche Leibniz einen Platz in der Geschichte der kinetischen Korpuskularphysik anweist, setzt voraus die Sonnen- und die Erdkugel und zwischen ihnen Raum, der mit einer ruhenden Masse, die wir Äther nennen, hinlänglich angefüllt ist.[4] Ob die Welt in jeder Hin-

[1] *M. Schr.* VI p. 85.

[2] *Op.* ed. Dutens, T. II ps. 1. p. 242.

[3] *Specimem dynamicum pro admirandis naturae legibus* etc. (1695). *M. Schr.* VI p. 240, 241.

[4] Wir benutzen aufser dem Original der *Hypothesis* (*M. Schr.* VI p. 20 ff.) die von Leibniz selbst gegebene Zusammenstellung an Fabri (*M. Schr.* VI p. 86 ff.).

sicht kontinuierlich erfüllt ist, soll hier nicht in Betracht kommen. In Rücksicht auf die physikalischen Konsequenzen genügt es, dafs die planetarische Welt für vollkommen erfüllt zu halten ist. Denn es kann in ihr kein sinnlich wahrnehmbarer Punkt angegeben werden, in welchem nicht das Licht irgend eines Sternes gesehen werden könnte, falls nur den übrigen Bedingungen des Sehens genügt ist. Wo aber Licht gesehen werden oder hindurchgehen kann, da mufs Körper sein, also gibt es auch keinen sinnlich wahrnehmbaren Punkt in der planetarischen Welt, wo nicht Körper wäre. Dafs aber überall Sterne gesehen werden können, ist wenigstens für die Erde aus der Erfahrung offenbar.[1] Durch diesen mit dem flüssigen Äther erfüllten Weltraum kann sich jede Bewegung fortpflanzen. Sonne und Erde bewegen sich jedenfalls um ihre eigene Axe. Diese Bewegung — vielleicht der einzige und erste Beweis für die Bewegung der Erde — ist notwendig, weil die Teile dieser Körper Kohärenz besitzen, diese aber (wie in der *Theoria motus abstracti* bewiesen wird) ohne Bewegung unmöglich ist. In der Sonne ist jedoch noch eine andre Bewegung anzunehmen, durch welche sie nach aufsen wirkt; hieraus stammt alle Bewegung in der Welt, die nicht in sich zurückläuft. Denn um diese Bewegungen zu erklären, genügt es nicht mit Torricelli und Hobbes die Rotation der Sonne samt dem ganzen Äther vorauszusetzen. Es mufs vielmehr eine mannigfache Kreisbewegung oder eine irgendwie anders in sich zurücklaufende Bewegung der Teile stattfinden — denn ein geradliniges Nachaufsenstreben würde längst eine Zerstreuung der ganzen Sonne hervorgerufen haben —, so dafs zwar ein fortwährendes Hinauswerfen von Teilen der Sonne, und zwar nach allen Seiten hin und in jedem Augenblicke, stattfindet, doch aber die Teile sich wieder ersetzen. Die Sonnenstrahlen wirken auf den anfänglich homogenen Erdkörper, dessen ursprüngliche Dichtigkeit als zwischen

---

Einen kurzen Bericht über seinen damals eingenommenen Standpunkt gibt Leibniz ferner in dem von Gerhardt plubliziertem Fragmente *Phoranomus*, *Arch. f. Gesch. d. Philos.* 1888. I p. 578 f. S. auch den Brief an Herzog Johann Friedrich (21. Mai 1671), *Ph. Schr.* I p. 50 f. Vgl. die ausführlichen deutschen Auszüge von Schaller, I S. 457 ff.

[1] *M. Schr.* VI p. 86.

Luft und Erde stehend, also etwa ähnlich dem Wasser anzusehen ist, und bringen an demselben merkwürdige Veränderungen hervor. Die Gesamtoberfläche der Erde kann nämlich anfänglich nicht kohärent gewesen sein. Denn der gröfsere oder geringere Zusammenhang der Teile eines Körpers kann auf nichts andrem beruhen, als auf der gleichzeitigen Bewegung derselben.[1] Diese gleichzeitige Bewegung hat ihren Grund darin, dafs bei der grofsen Verschiedenheit der allgemeinen sich durch die ganze Masse fortpflanzenden Bewegungen zwar stets einige Teile von den benachbarten weit, andre aber im Vergleich mit den übrigen nur wenig sich entfernen können. Letztere suchen, weil die Ursache beharrt, auch im Zustande der Berührung zu beharren, da sonst durch sie die allgemeinen Bewegungen gestört werden würden. Daraus folgt, dafs der äufsere Druck (nämlich der Einflufs der allgemeinen Bewegungen) die erste Ursache der Festigkeit ist, die Ruhe oder übereinstimmende Bewegung der Teile aber die nächste Ursache, die jedoch das Bestehen der von aufsen wirkenden Ursache voraussetzt.

Demnach hat LEIBNIZ ein Mittel gewonnen, in der Fluiditätstheorie feste Körper zu erhalten. Fest ist ein Körper, dessen Teile in übereinstimmender Bewegung sind (motus conspirans), flüssig ein solcher, dessen Teile verschiedenartig bewegt sind.[2] Nach DESCARTES bilden diejenigen Teile einen einzigen festen Körper, welche in relativer Ruhe gegeneinander sind. LEIBNIZ hebt nur die positive Seite, die Übereinstimmung der Bewegung, mehr hervor und erweitert dadurch die Anwendbarkeit des Begriffs.

Die nächste Anwendung macht er auf die Oberfläche der Erde. Nach dem eben dargelegten Begriffe der Festigkeit können anfänglich nur diejenigen Teile in übereinstimmender Bewegung, also in Kohärenz sein, welche auf demselben Parallelkreise liegen. Zwischen den einzelnen Parallelkreisen aber müssen sich Spalten bilden. In diese dringt der Äther hinein und wird durch die wiederholten Stöfse bis zum Zentrum getrieben. Dadurch werden die einzelnen Bestandteile nach ihrer Dichtigkeit von oben nach unten geordnet, mehr nach

[1] A. a. O. p. 87. — [2] A. a. O. p. 87.

dem Zentrum hin die Erde, darüber das Wasser, dann die Luft. Der eingedrungene Äther aber wird von den festeren Stoffen in Blasen (bullae) aufgefangen. Diese entstehen aus dem geradlinigen Streben des Äthers und der kreisförmigen Bewegung der umschliefsenden Materie. Denn sobald das Feine und Dünne durch etwas Dichtes hindurchzubrechen strebt, aber Widerstand findet, so nimmt das Dichte die Gestalt von hohlen Blasen an, erhält innere Bewegung und infolgedessen Festigkeit oder Kohäsion. Ein Beispiel bildet das Blasen des Glases in den Glashütten. In der Natur entstehen die Blasen aus der kreisförmigen Bewegung der Erde und der geradlinigen des Lichtes.

Diese Blasen nun sind die *semina rerum*, die Grundlage der Gestaltungen (stamina specierum), die Basis der Körper, die Behältnisse des Äthers, die Ursache der Konsistenz und das Fundament all der Mannigfaltigkeit, die wir in den Dingen, all der Antriebe, die wir in den Bewegungen bewundern; ohne sie gäbe es keinen Bestand des Erdkörpers. Das Wasser besteht aus einer Anhäufung unzähliger solcher Bläschen, die Luft ist nur ein subtiles Wasser. Luft und Äther unterscheiden sich dadurch, dafs erstere schwer ist, letzterer durch seine Circulation die Ursache der Schwere. Das Feuer ist nur die Vereinigung des hervorbrechenden Äthers und der Luft. Die Erde besteht zweifellos aus Bläschen, denn die Basis der Erde ist das Glas. Die Blasen sind, wie leicht denkbar, mannigfach gewunden, gestaltet und angehäuft, um die gesamte Zurüstung der Dinge zu erzeugen.

Die wichtigste Ursache der Bewegungen und gewissermafsen der Schlüssel zu ihnen ist die Schwere. Sie entsteht aus der Circulation des Äthers um die Erde, in der Erde und durch die Erde. Je weniger Äther ein Körper enthält, umsomehr stört er die Circulation des Äthers und wird daher von diesem dorthin gestofsen, wo die Störung eine geringere ist, d. h. nach unten. Denn nach oben hin würde die Störung eine immer gröfsere werden, weil nach oben hin die Ungleichheit der auf den Körper wirkenden Querschnitte zunimmt, insofern die Kugelflächen proportional dem Quadrate der Durchmesser wachsen. Alles aber, was in einer Flüssigkeit heterogen ist, stört die gleichartige Circulation; daher das Streben nach Homogenität. So erklärt es sich, dafs Luft, Wasser und Erde

im Äther Schwere besitzen, und die Erde im Wasser, das Wasser in der Luft herabsinkt. Die Beschleunigung ergibt sich aus dem Zuwachs des Antriebs durch immer neue Eindrücke beim Herabfallen.

Einige Erscheinungen, wie die Gesetze des Stofses (Leibniz nennt hier Huygens und Wren) und die Gleichheit vom Einfalls- und Reflexionswinkel (hier werden Digby, Descartes und Hobbes erwähnt) ergeben sich nicht aus der Theorie der abstrakten Bewegung, da sie aber der Erfahrung entsprechen, müssen sie aus der Hypothese der konkreten Bewegung, d. h. aus der gegenwärtigen Ökonomie der Dinge erklärt werden. An sich würde kein Körper zurückspringen, wenn nicht die Circulation des Äthers die Elasticität bewirkte. Es springen nämlich nicht alle, sondern nur diejenigen Körper zurück, welche nach einer Zusammendrückung oder Ausdehnung ihren früheren Zustand wieder herstellen. Dies aber geschieht eben durch die Circulation des Äthers; der gestofsene Körper wird in der Richtung des Stofses zusammengedrückt, und daher mufs die Reaktion so eintreten, dafs die zusammengedrückten Teile nach der Seite sich zurückzuziehen streben, auf welcher der Körper noch in dem früheren Zustande ist, also in der dem Stofse entgegengesetzten Richtung; daraus soll die Gleichheit von Reflexions- und Einfallswinkel folgen. Beim entgegengesetzten Anprall zweier Kugeln nimmt Leibniz an, dafs dieselben ihren Äthergehalt gegenseitig austauschen und daher in entgegengesetzter Richtung weiter getragen werden. Auch die Schwingungen des Pendels und ihr Isochronismus, sowie die Refraktion werden in ziemlich gezwungener und wenig klarer Weise auf den Äther zurückgeführt.

Die Elasticität der Luft beruht ebenfalls darauf, dafs jede Heterogenität eine Störung der Flüssigkeit ist und daher das Streben nach Ausgleich hervorruft. Wenn dieser Ausgleich der Störung in der Circulation des Äthers dadurch bewirkt wird, dafs die Körper nach unten gedrückt werden, so haben wir die Schwere; wenn er dagegen durch Zerstreuung des Äthers zu der früheren Feinheit stattfindet, so haben wir Elasticität. Beim Zusammendrücken der Luft wird der Äther herausgeprefst und nimmt nachher seinen Platz mit Gewalt wieder ein.

Wie die Elasticität der Luft kann auch die gröfsere oder

geringere Härte und Festigkeit der Körper auf die Wirkung des Äthers in Verbindung mit der Gestalt der Teilchen der Körper zurückgeführt werden. LEIBNIZ erklärt hier seine Übereinstimmung mit CLAUDE PERRAULT (1613—1688), der in einem *Discours des causes de la pésanteur des corps, de leur ressort et de leur dureté*[1] die Festigkeit auf das Aneinanderpressen der ebenen Flächen der Teilchen durch äufseren Druck gegründet hatte. Bei LEIBNIZ beruht der äufsere Druck auf der Wirkung des Äthers, und er fügt hinzu, dafs man sich die Teilchen nicht mit ebenen Flächen zu denken brauche; er denkt sich die Punkte der Körper wie kleine Kolben, und die Höhlungen, in die sie passen, wie Röhren. Wie der Luftdruck einen Kolben in das Rohr zurückprefst, so wird der Druck der Luft oder des Äthers die kleinen Kölbchen der Partikeln in den feinen Intervallen derselben zurückhalten und jeder Trennung einen Widerstand entgegensetzen, der, falls die trennende Kraft den Kolben nicht ganz herauszureifsen vermag, sich als Elasticität äufsert, indem er ihn wieder zurückdrängt.[2] Diese Erklärung ist jedoch nur eine relative, denn die Festigkeit jener kleinen Teilchen selbst kann nicht wieder darauf zurückgeführt werden, sondern hängt im letzten Grunde von der oben erläuterten „übereinstimmenden Bewegung" ab.[3]

Das Licht ist die sehr schnelle, für die sinnliche Wahrnehmung geradlinige Verbreitung des Äthers nach allen Seiten, nicht, wie DESCARTES will, die blofse *propensio ad motum.* Das Feuer entsteht durch die Zersprengung unzähliger Bläschen durch den Äther. Der Schall beruht nicht auf einer Bewegung der Luft, sondern ebenfalls des Äthers, aber auf einer gemäfsigten und in Kreisen fortschreitenden, wie man sie sieht, wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Dagegen beruht der Geruch auf der Luft, welche als subtile Flüssigkeit (aqua)

---

[1] Gedruckt in PERRAULTS *Essais de physique*, Paris 1680. Vol. I. LEIBNIZ hatte vermutlich Einsicht in das Manuskript, vgl. GERHARDT, *Zu Leibniz Dynamik*, *Arch. f. G. d. Phil.* I S. 567. Übrigens nahm PERRAULT im Gegensatz zu LEIBNIZ unteilbare Partikeln an, s. *Essais de phys.* T. I p. 5. (Vgl. über PERRAULT 4. Abschn. 5. Kap. A. S. 511.)

[2] In dem Brief an PERRAULT, herausg. v. GERHARDT a. a. O., der denselben in die Zeit 1674/75 setzt.

[3] Brief an FABRI, *M. Sch.* VI p. 89, 90.

Salzteilchen löst, die wir durch den Geruch so wahrnehmen, wie durch den Geschmack die im Wasser gelösten Salze, wobei Salz nur einen überhaupt in Wasser löslichen Körper bezeichnen soll. Die Wärme unterscheidet sich vom Licht bloſs durch die Feinheit, beide entstehen durch eine innere in sich zurücklaufende Bewegung des Äthers, welche die feineren Teile herausschleudert; daher die Verdünnung. Die Kälte entsteht aus einer gewissen kräftigen und geradlinigen, aber gedrängten (crasso), daher abstumpfenden und nicht eindringenden Bewegung, welche infolgedessen nicht löst, sondern zusammenzieht.

Die auſserordentlichen oder physischen Bewegungen, welche, soweit sinnlich wahrnehmbar erscheint, aus der Schwere oder mechanischen Prinzipien nicht entstehen, unterscheidet Leibniz in sympathische und antipathische. Erstere zerfallen in die Verticität, welche im Kreise um ein Zentrum wirkt, und in die Attraktion, die nach einem Punkte hin wirkt. Die Verticität, die nicht bloſs beim Magneten, sondern, wiewohl in geringerem Grade, in den meisten Dingen auftritt, beruht ebenfalls auf der Circulation des Äthers und der schwierigeren oder leichteren Durchdringbarkeit durch denselben. Die Verticität des Magneten, d. h. seine Richtkraft nach den Erdpolen, scheint von der Bewegung des Äthers von Osten nach Westen herzurühren, welche den Magneten hindert, sich in diese Richtung zu stellen. In jedem Magneten findet eine Bewegung in Kreisen statt, die sich wie Meridiane in den Polen desselben schneiden; diese schleudert die umgebende Luft fort und bewirkt dadurch die Annäherung des für die magnetische Bewegung disponierten Eisens; es ist daher die Wirkung des Magneten auf das Eisen auch in die Ferne als eine sinnlich nicht wahrnehmbare Reibung anzusehen.

Die antipathische Bewegung — ein Ausdruck, der sich auf den Sinnenschein bezieht, denn in den Körpern gibt es weder Antipathie noch Sympathie — ist die Reaktion, durch deren höchst feine Unterschiede das meiste in der Natur bewirkt wird. Alle chemischen Wirkungen sind Reaktionen. Fermentation, Verbrennung, Verpuffung, der Kampf zwischen Feuer und Wasser, Säure und Alkali, Schwefel und Salpeter, sie alle haben ihren Ursprung aus der Reaktion der beiden Dinge, welche allein auf unserer Erde diesen Vorgang bewirken: das Verdünnte und das Gespannte (exhaustum et distentum); oder

mit Demokrit zu reden, das Leere und das Volle. Gewisse Körper bestehen aus entleerten, andre aus überfüllten Bläschen; bei ihrer Mischung stofsen dieselben aneinander und die letzteren werden ausgeleert, die ersteren saugen sich voll. So ist es bei der Mischung von Feuer und Wasser, welches letztere aus zahllosen entleerten Bläschen besteht, und so ist es bei allen Reaktionen, die sich nur durch die Gröfse und Menge der Bläschen, durch deren Lage, Figur und Füllungszustand, d. h. die Quantität der Entleertheit oder Kompression unterscheiden. Sind die Bläschen schwach (evanidae), oder sozusagen wasser- und luftartig, wie bei den unvollkommenen Mischungen, so entsteht aus der Reaktion keine wahrnehmbare Verbindung, sondern alles zerstreut sich; sind sie erd- oder glasartig, so wird durch die Wärme der Reaktion gewissermafsen ein neuer Flufs bewirkt, ein neuer Ergufs in die unmerklichen Bläschen wie in Schläuche, und aus den Bruchstücken der zerspringenden Bläschen setzen sich neue, aber den früheren unähnliche zusammen, wodurch die Entstehung einer neuen Gestaltung und eine innere (centralis) Veränderung der Dinge hervorgebracht wird. Man darf annehmen — und damit lassen sich die Prinzipien der Chemiker in Übereinstimmung bringen — dafs sich eine gröfsere Anzahl kleiner Bläschen zu einer geringeren Anzahl gröfserer vereinigen und so das Wachstum bedingen. Denn man mufs wissen, dafs, wie die berühmten Mikrographen Kircher und Hooke beobachtet haben, man das meiste, was wir im Grofsen wahrnehmen, bei genügender Sehschärfe verhältnismäfsig im Kleinen wiederfinden würde; wenn dies bis ins Unendliche fortgeht, was gewifs möglich ist, da das Kontinuum ins Unendliche teilbar ist, so wird jedes Atom gewissermafsen eine Welt von unendlichen Gestaltungen darstellen und es wird Welten in Welten ins Unendliche geben. Wer dies tiefer betrachtet, wird nicht umhinkönnen von Begeisterung bei der Bewunderung des Schöpfers der Dinge hingerissen zu werden.

Leibniz glaubt seiner Hypothese den Charakter einer gewissen Notwendigkeit zuschreiben zu dürfen, der sie über den Wert einer willkürlichen Hypothese hinaushebe. Denn da die kleinsten Korpuskeln einer Art Gefäfs für ihr Zusammenhalten bedürfen, so kann es im Grunde in der Welt nur zwei Arten

von Körpern geben, zusammenhaltende und zusammengehaltene, feste und flüssige, Blasen und Massen. Wenn er auch nicht leugnen will, dafs aufser den Blasen noch einiges umherfliegen mag, so dürfte dies doch vielleicht selbst wieder aus kleineren Bläschen bestehen. Die Bewegung der Massen ist der allgemeinen Bewegung der Erde, des Wassers, der Luft und des Äthers konform; eine Notwendigkeit, aufser diesen vier noch eine andre grofse Masse anzunehmen, liegt nicht vor. Die Blasen dagegen bewahren jede etwas ihnen Eigentümliches und Spezielles. Sie sind entweder natürliche oder gewaltsame, gewöhnliche oder aufsergewöhnliche. Die natürlichen und gewöhnlichen sind diejenigen, in denen die betreffenden Massen (Erde, Wasser etc.) nach demjenigen Verhältnis gemischt sind, welches dem Orte entspricht, in dem das Bläschen sich befindet; die gewaltsamen und aufsergewöhnlichen dagegen enthalten von einem der Bestandteile zu viel oder zu wenig. Den gewöhnlichen kommt keine aufserordentliche Wirkung zu und sie ruhen, sofern sie nicht von der Bewegung der universellen Massen mitgerissen werden; die aufsergewöhnlichen jedoch führen, auch wenn sie von der allgemeinen Bewegung mitgerissen werden, eine ihnen eigentümliche Kraft mit sich, welche, wenn sie brechen, ihnen in allen Fällen eine ihrer Eigenart entsprechende Bewegung erteilt.

LEIBNIZ stellt nun noch eine weitere Einteilung der Bläschen auf und entwirft eine Tabelle, in welcher je nach den Verhältnissen der verschiedenen Umhüllung und verschiedenen Anfüllung Unterschiede in den Eigenschaften der Bläschen aufgezählt und gruppiert werden. Es entsteht dadurch eine Mannigfaltigkeit, welche für jede körperliche Eigenschaft eine Zuordnung zu besonderen Bläschenarten gestattet. Die Verschiedenheit erlaubt eine Fortsetzung ins Unendliche, wobei das Verhältnis immer dasselbe bleibt. Die erdartigen Blasen verhalten sich zu den wasserartigen, wie diese zu den luftartigen, und wie diese wieder zu den ätherartigen; auch hindert nichts, dafs es noch einen höheren Äther gebe, der sich zu demjenigen, auf welchen uns Denken und Versuch führen, wie Luft zu Wasser verhält. Aber darüber steht uns kaum eine Vermutung zu, und für unsere Untersuchung der Phänomene kann er nicht in Betracht kommen. Wie auf diese Annahmen

und die Circulationen des Äthers sämtliche Eigenschaften der Körper, selbst die physiologischen, zurückgeführt werden könnten, deutet LEIBNIZ nur an.

Er legt auch den hypothetischen Erklärungen der Einzelerscheinungen in der speziellen Physik keinen besonderen Wert bei. Die Anwendungen sind bisher nur Vermutungen und wem sie mifsfallen, für den mögen sie nicht gesagt sein. Es genügt, zur Erklärung sämtlicher Bewegungen eine Ursache angegeben zu haben, welche sich als ausreichend erweisen kann, und nur solche Behauptungen aufgestellt zu haben, welche alle philosophischen Lehrmeinungen unter Wahrung ihrer eigenen Ansichten dulden können.[1]

Diese konziliatorische Tendenz, LEIBNIZ' bekannte Eigentümlichkeit, veranlafste ihn, möglichst viele Üebereinstimmungen seiner Hypothese mit den Systemen andrer aufzusuchen. Wer die Bewegung der Erde leugnet, könne mit der Bewegung des Äthers samt der Sonne um die Erde ausreichen. Ob man ein Vacuum anerkennt oder nicht, bleibe gleichgiltig, da der Äther die Stelle des luftleeren Raums vertritt. Selbst ARISTOTELES, THOMAS ANGLUS und DIGBY dürften sich versöhnen lassen. Jene haben vier Elemente, er (LEIBNIZ) setze nur für das Feuer das allgemeinere Wort Äther, der Begriff aber spiele dieselbe Rolle, wie das „reine“ Feuer bei ARISTOTELES. Mit DIGBY stimme er darin überein, in der Verdichtung und Verdünnung den Grundunterschied der Körper zu sehen, aus welchem die primären Qualitäten abzuleiten sind. Damit jedoch das *rarum* und *densum* dasselbe leisten wie sein *exhaustum* und *distentum*, nämlich die Kraft, sich nach der Ausdehnung oder Zusammendrückung wieder herzustellen, mufs noch etwas andres, und zwar die Bewegung des Äthers hinzugefügt werden. Jenem ausgezeichneten Manne (DIGBY) hafteten offenbar noch die Reste metaphysischer Begriffe an, infolge deren er jene Kraft der Wiederherstellung der Dinge nach aufgehobener Zusammendrückung oder Ausdehnung einem unbestimmten ursprünglichen Streben zuschrieb, so dafs ein gegebenes Volumen Materie, obwohl es mehr oder weniger Raum anfüllen kann, doch mit aller Kraft sobald wie möglich zu der ihm vorgeschriebenen

[1] *M. Schr.* VI. p. 46.

Ausdehnung zurückkehrt. Aber dies hätte er wohl nach dem seitherigen Fortschritt der philosophischen Aufklärung selbst zugegeben, da es gewifs ist, dafs HOBBES in Übereinstimmung mit DESCARTES mit Recht gelehrt hat, ein und dieselbe Masse könne nicht mehr oder weniger Raum einnehmen. Auch die substanziellen Formen des ARISTOTELES sucht LEIBNIZ im Gegensatz zur Scholastik und unter Berufung auf HONORÉ FABRI und JEAN DE RAEY im Sinne eines blofsen Ordnungsverhältnisses und einer innern Struktur der Teile der Körper umzudeuten.

BOYLES Hypothese elastischer Federn erfordere, wie BOYLE wohl selbst anerkennen würde, ebenfalls die Annahme der Ätherbewegung, da die letzte Ursache der restituierenden Kraft und der Kohäsion der Teilchen doch immer eine innere Bewegung sein müsse. DESCARTES und GASSENDI stimmen vollständig darin bei, dafs alle Verschiedenheit in den Körpern aus ihrer Gröfse, Gestalt und Bewegung zu erklären sei. „Ich habe jedoch immer geglaubt, dafs alles, was auch immer über die verschiedene Gestaltung der Atome, die Wirbel, Ästchen, Häkchen, Kügelchen und die ganze künstliche Zurüstung gesagt werden mag, mehr ein Spiel des Geistes ist, das von der Einfachheit der Natur und der Erfahrung zu weit abliegt, als dafs es sich mit den Erscheinungen deutlich vereinigen liefse.“ Seine vorliegende Hypothese dagegen vereinige einerseits die umherschweifenden Korpuskeln in Bläschen und leite andrerseits Bewegung und Wirkung der letzteren von einer einzigen allgemeinen Bewegung des Weltsystems ab; dadurch verknüpfe sie, auf der einen Seite vom Allgemeinsten herabsteigend, auf der andren von den innersten Versuchen der Chemiker aufsteigend, mit grofser Klarheit und Harmonie in mechanischer Weise die Beobachtung mit der Theorie, auf Grund der höchst einfachen und aus dem Zustand unserer ganzen Erdkugel erklärlichen Phänomens der Schwerkraft und der Elasticität.

Die unglaubliche Kraft, welche sich in den gegenseitigen Einwirkungen der Teilchen kundgibt, macht es notwendig, den ganzen Andrang der Atmosphäre dabei als Ursache mit in Betracht zu ziehen. Deswegen glaubt LEIBNIZ, dafs seine Hypothese, welche alle Veränderungen auf die allgemeine Circulation des Äthers zurückführt, auch noch mit solchen Theorien zu vereinigen sei, bei denen die Erscheinung auf der

Auslösung von Kräften in den kleinsten Teilchen der Körper beruhen; denn auch diese führen in letzter Instanz auf die Bewegung des Äthers zurück. Hierhin gehören die Lehren der Chemiatrie, welche durch SYLVIUS (FRANZ DE LE BOË, 1614—1672) und seine Hypothesen von der Fermentation als Grundkraft der organischen Erscheinungen und von der Effervescenz des Blutes zu grofsem Einflusse in der Medizin kamen. THOMAS WILLIS zu Oxford, später in London (1621/22—1675) hatte die Bewegung der Muskeln auf eine Explosion zahlloser, sinnlich unwahrnehmbarer Büchsen (sclopeta) als Kraftquelle zurückgeführt.[1] LEIBNIZ sieht in diesen unmerklichen Abfeuerungen nichts andres als seine teils ausgeleerten, teils überfüllten Bläschen, die bei ihrer Mischung platzen. Auch glaubt er seine Theorie mit derjenigen LOWERS (1631—1691) in Übereinstimmung, welcher die Muskelbewegung aus heftigen, in der Richtung wechselnden Kontraktionen zu erklären suchte.

Der *Archäus* VAN HELMONTS, welcher die chemischen Reaktionen veranlassen soll, ist nach LEIBNIZ nichts andres, als der in allen Zwischenräumen befindliche Äther, der durch seine Erregung die innere Bewegung der Flüssigkeiten bewirkt; er ist dasselbe, was TACHENIUS (OTTO TACHEN) den *Rector*, andre den *Spiritus mundi* oder das merkuriale Prinzip nennen, dem man eine plastische Kraft zuschreibt. Er läfst mit ARISTOTELES und DESCARTES gegen DEMOKRIT[2] und GASSENDI kein Vacuum, mit letzteren dagegen gegen ARISTOTELES keine ursprüngliche Verdichtung und Verdünnung zu und glaubt mit DEMOKRIT und ARISTOTELES gegen DESCARTES, dafs den Körpern aufser der

[1] *Cerebri anatome, cui accessit nervorum descriptio et usus.* Amstel. 1664. *Op. omnia.* Genev. et Lugd. 1676.

[2] DEMOKRIT gegenüber grenzt LEIBNIZ seine Ansicht durch folgende Worte ab: „Ich halte es für gewifs, dafs unkörperliche Substanzen existieren, dafs die Bewegung nicht vom Körper stammt, sondern äufserlich hinzutritt, und dafs es keine ihrem Wesen nach unteilbare Korpuskeln gibt; auch ist es zum Sehen meiner Meinung nach nicht notwendig, dafs irgend ein Ausflufs vom Objekt zu uns gelangt. Das aber sind die Hauptstücke der demokritischen Philosophie. Dagegen stimme ich mehr dem GASSENDI als dem DESCARTES darin bei, dafs das Wesen des Körpers nicht in der Ausdehnung besteht, sondern Raum und Materie von verschiedener Natur sind; was jedoch nicht hindert, dafs ich die Welt, soweit wenigstens für den Gebrauch der Physik in Betracht kommt, für voll halte." (*M. Schr.* VI p. 84.)

Ausdehnung ein passiver Widerstand gegen die Durchdringung zukomme.[1]

Bei Leibniz' Auseinandersetzung mit seinen Vorgängern und Zeitgenossen wird zwar der Name Hobbes[2] mehrfach erwähnt, jedoch ohne daſs Leibniz auf die soviel näheren Beziehungen einginge, welche zwischen ihm im Vergleich zu Descartes oder Gassendi bestehen. Er gibt vielmehr seiner lebhaften Verwunderung Ausdruck, daſs ein so „tiefsinniger" Mann die Grundlagen der Geometrie leugnen könne (p. 71); an einer andren Stelle fügt er auſser dem Tadel gegen Hobbes' mathematische Begriffe noch hinzu, daſs er die unkörperlichen Seelen und die wahren Indivisibeln leugne; „auch gibt er weiteres über die Bewegung, das wenig bewiesen ist, obwohl ich im Übrigen dem Ruhme dieses Mannes, dessen Tiefe ich sehr hoch schätze, in nichts Abbruch thun will."[3] Vergleicht man aber die *Hypothesis physica* mit Hobbes' Physik, so zeigen sich trotz der offenbaren Abweichungen so starke Berührungspunkte, daſs man, wie oben gesagt, Hobbes als denjenigen nennen muſs, dessen Einfluſs auf Leibniz in jener Zeit der mächtigste war. Es wird dies in der Theorie der abstrakten Bewegung noch mehr hervortreten, wir betonen hier nur einige Punkte aus der *Theoria motus concreti*. Leibniz lehrt mit Hobbes, daſs die ganze Welt mit Stoff erfüllt sei, in welchem ursprüngliche Grade der Weichheit zu unterscheiden seien; er nimmt einen überall verbreiteten, intersideralen, höchst flüssigen Äther an, der der Bewegung keinen Widerstand entgegensetzt, und in welchem sich die dichteren Körper der Gestirne (von denen Leibniz nur Sonne und Erde betrachtet) befinden; es gibt keine ursprüngliche Verdichtung und Verdünnung, und alle Bewegung kann den Körpern nur von auſsen her erteilt werden; die Teilbarkeit geht ins Unendliche, die Gröſse ist

[1] *M. Schr.* VI p. 98. Letztere Angabe rührt aus einer späteren Zeit (Mai 1702) her, in welcher Leibniz bereits eine aktive Kraft (ἐντελέχεια) in den Körpern annahm; wir haben sie jedoch hier nur soweit berücksichtigt, als sie mit seinen früheren Ansichten übereinstimmt. Die letzte seiner Angaben ist indessen nicht korrekt, da Descartes ja den Widerstand gegen die Durchdringung annimmt, aber ihn der Ausdehnung selbst als etwas Positives zuschreibt.

[2] *M. Schr.* VI p. 34, 54, 71, 72, 75, 78, 79, s. auch p. 83.

[3] A. a. O. p. 79.

etwas Relatives und man kann sich ins Unendliche feinere und feinere Teile, Welten in Welten denken. Auch ist der Äther ursprünglich in Ruhe, tritt aber dann bei LEIBNIZ stärker als Vermittler aller Bewegung hervor. Dagegen beruht das Licht bei HOBBES nur auf einer Fortpflanzung des Conatus durch den Äther, nicht auf der Ausschleuderung von Sonnenteilchen, und die Erklärungen der einzelnen Sinneserscheinungen gestalten sich bei LEIBNIZ ganz abweichend. Die Hauptschwierigkeit der Fluiditätstheorie, die Erklärung der Festigkeit, löst LEIBNIZ im Gegensatz zu HOBBES nicht durch Annahme von Schwingungen (reciprocatio), sondern durch die von äufserem Druck veranlafste „übereinstimmende Bewegung." Doch findet sich hierzu noch ein anderer Versuch, auf welchen wir weiter unten zurückkommen (s. S. 468 f.).

Was die LEIBNIZsche *Hypothesis physica* auszeichnet und ihr weiterreichenden Wert verleiht, ist die zugrundegelegte allgemeine Bewegung des Äthers, die Strahlung von der Sonne in ihrer Zusammenwirkung mit einer ursprünglichen Rotation. Auf sie hat auch LEIBNIZ immer wieder Bezug genommen. Im übrigen bietet sie vor andren vorangegangenen Korpuskulartheorien nichts Hervorragendes, da die Annahme hohler und gefüllter Bläschen nicht mehr als eine sinnliche Verdeutlichung zu leisten vermag. Eine Zurückführung auf mathematische Gesetze und mechanische Prinzipien und eine Herleitung bestimmter Erscheinungen im Einzelnen ist nicht möglich. Sie leidet an dem Grundfehler, von vornherein unerklärbare verschiedene Grade der Dichtigkeit in den Elementen Erde, Wasser, Luft und Äther vorauszusetzen, und ist allen den Einwürfen ausgesetzt, welche in dieser Hinsicht die hobbesische Fluiditätstheorie treffen.

2. Die Theorie der abstrakten Bewegung.

Im Gegensatz zu den hypothetischen Erklärungen der beobachteten Erscheinungen will LEIBNIZ in der Theorie der abstrakten Bewegung[1] diejenigen Gesetze ermitteln, welche sich

[1] *Theoria motus abstracti seu Rationes motuum universales a sensu et phaenomenis independentes.* Autore G. G. L. L. GERH. *Math. Schr.* VI p. 66 ff. Vgl. SCHALLER I S. 457 ff.

bei rein rationaler Betrachtung für die Bewegung ergeben, ohne Rücksicht auf die sinnliche Erfahrung. Dafs er dieselben nicht in Übereinstimmung fand mit den Voraussetzungen, welche die Physik zur Erklärung der Phänomene forderte, wurde für ihn zum Antrieb, über die erhaltenen Resultate hinauszugehen und schliefslich zur dynamischen Begründung der Realität der Bewegung zu gelangen.

Wir finden in der *Theoria motus abstracti* äufserst wichtige Festsetzungen über die Bewegung im Zusammenhange mit dem Begriff des Kontinuums. LEIBNIZ unterscheidet zwischen *Minimum* und *Inextensum*. Unter Minimum versteht er dasjenige, was keine Gröfse oder keinen Teil besitzt. Etwas derartiges kann es nicht geben, weil es keine Beziehung zum Raume, keine Lage besitzen könnte. Dagegen gibt es *actu* unendliche Teile des Kontinuums. „Ein Punkt ist nicht dasjenige, was keine Teile besitzt, noch dasjenige, dessen Teil nicht in Betracht kommt (non consideratur),[1] sondern dasjenige, dem keine Ausdehnung zukommt oder dessen Teile keinen Abstand haben, dessen Gröfse sich nicht in Betracht ziehen oder angeben läfst, weil sie kleiner ist als das, was durch ein Verhältnis zu einer andern sinnlichen Gröfse (es sei denn ein unendliches) darstellbar ist, und kleiner, als man angeben kann. Und dies ist das Fundament der cavalierischen Methode, wodurch ihre Wahrheit evident bewiesen wird, indem man gewisse sozusagen Rudimente oder Anfänge der Linien und Figuren denkt, kleiner als jede beliebige angebbare Gröfse."[2]

Diese Definition hellt den LEIBNIZschen Begriff vom Unendlichkleinen auf und enthält nichts andres, als denjenigen des Differenzials in seiner ganzen erkenntniskritischen Bedeutung, nämlich die Ableitung der sinnlichen Ausdehnung aus dem rationalen Begriff des Kontinuums; oder, um es der empirischen Thatsache, dafs die sinnliche Erfahrung von der Ausdehnung psychologisch früher ist, als der theoretische Begriff des Kontinuums, mehr entsprechend und dadurch leichter verständlich auszudrücken: Die sinnliche Thatsache der Ausdehnung in Raum

---

[1] Die erste Bemerkung geht gegen EUKLID, die zweite gegen HOBBES.
[2] *M. Schr.* VI p. 68.

und Zeit wird hierdurch auf einen Begriff gebracht, der nicht mehr das Faktum der endlichen Ausdehnung enthält, wohl aber dieselbe als Erzeugungsgesetz im Kontinuum definiert. Daher konnte Leibniz sagen: Es gibt Unteilbare oder Unausgedehnte; Unteilbare nämlich, weil sie unausgedehnt sind, und nur das teilbar ist, was in der Ausdehnung gegeben ist. Die Ausdehnung selbst aber ist durch ihre kontinuierliche Erzeugung gegeben und hat ihre objektive Realität im Begriff der Tendenz zur Ausdehnung, im Denkmittel der Variabilität. Den Beweis führt Leibniz aus dem eleatischen Porisma, dafs von der Mitte einer kontinuierlichen Extension aus, sei sie Linie, Zeit, Bewegung oder Körper, niemals ein Anfang oder Ende angebbar ist, weil sich in der Ausdehnung immer unendlich-viele Punkte dazwischen bezeichnen lassen. Da nun vom Anfang oder Ende immer noch Ausdehnung weggenommen werden kann, so gibt es entweder keinen Anfang, oder er hat keine Ausdehnung. Das erstere ist absurd, und zwar, wie wir hinzufügen, darum, weil es in der sinnlichen Erfahrung Anfang und Ende des Ausgedehnten gibt, und die Aufgabe eben darin besteht, hierfür einen Begriff aufzuweisen; folglich kann dieser Begriff nur in dem *Inextensum* gefunden werden. Der Zusammenhang mit der sinnlichen Erfahrung des Ausgedehnten wird aber dadurch aufrecht erhalten, dafs das *Inextensum* sich als das unendlich kleine Element des *Extensum* ausweist, nämlich als dasjenige, was, selbst ohne Ausdehnung, die gesetzmäfsige Erzeugung derselben definiert. So erzeugt die gesetzmäfsige Zu- oder Abnahme einer Linie bei ihrer gleichmäfsigen Verschiebung nach der cavalierischen Methode die Fläche.

Wenn es jedoch zu einer Objektivierung der sinnlichen Ausdehnung kommen soll, so mufs der Begriff der Erzeugung, die blofse Realitätssetzung, auch Vergleichbarkeit mit andern Realitäten erhalten, d. h. sie mufs Gröfse bekommen. Hierzu bedarf es einer Einheit als Mafs. Es mufs daher eine sich selbst gleichmäfsig erzeugende Gröfse angenommen werden, und diese ist die Zeit. Damit überhaupt Erfahrung von Gröfsen stattfinden kann, mufs ein gleichmäfsiger Verlauf der Zeit als Bedingung der Erfahrung vorausgesetzt werden. Das ist der Sinn, welcher darin liegt, dafs Leibniz die Zeitelemente als

gleich grofs bezeichnet.[1] Am Element der Zeit gemessen, erhalten die Elemente des Raumes und der Bewegung Vergleichbarkeit und Gröfse. Das Raumelement hat ebensowenig wie das Bewegungselement ein endliches Verhältnis zum ausgedehnten Raume und zur ausgedehnten Bewegung.[2] aber zur unausgedehnten Zeit haben sie ein Verhältnis, wenn diese im konstanten Zeitelement fixiert ist. Die verschiedene Gröfse der Bewegungselemente wird dabei aus der thatsächlichen Verschiedenheit der endlichen Geschwindigkeiten abgeleitet, und aus dieser auf die Verschiedenheit der Raumelemente unter Voraussetzung konstanter Zeitelemente geschlossen.

Der Beginn der Ausdehnung heifst *Punctum*, der Beginn der Bewegung *Conatus*. Da die Fortsetzung der Bewegung bereits in ihrem Beginn definiert sein mufs und thatsächlich die empirischen Ausdehnungen der Bewegungen verschieden sind, so mufs diese Verschiedenheit schon in den unendlichkleinen Elementen der Bewegung, d. h. in dem verschiedenen Verhältnis des Conatus zum Zeitelement angelegt sein. Es kann also ein Wegelement (conatus) gröfser sein als ein andres. Da ein stärkerer Conatus aber während eines Zeitelements einen gröfseren Weg erzeugt als ein schwächerer, in demselben (konstanten) Zeitelement aber immer nur ein Wegelement zurückgelegt werden kann, so müssen diese, d. h. die Raumelemente (puncta), ebenfalls verschiedene Gröfse besitzen können. Eine solche Vergleichung setzt, wie hier bemerkt werden mag, stillschweigend den Begriff der Zahl als eines Kontinuums voraus; die Zahl tritt zwar nur in der sinnlichen Erscheinung in die Erfahrung, aber ihr Begriff ist die Bedingung der Möglichkeit dieser Erfahrung, ein Verfahren des Bewufstseins, Einheit und Vergleichbarkeit zu konstituieren.

Die Bewegung ist durchaus kontinuierlich, sie bleibt daher auch im Zeitmoment bestehen als Conatus. Dieser Conatus pflanzt sich im Vollen durch alle Hindernisse ins Unendliche fort und prägt allem andern diesen Conatus ein; denn wenn

[1] *M. Schr.* VI p. 70. Punctum puncto, conatus conatu major est, instans vero instanti aequale.

[2] A. a. O. Conatus est ad motum ut punctum ad spatium, seu ut unum ad infinitum, est enim initium finisque motus.

auch die räumliche Bewegung aufhört, so findet doch das Streben noch statt, d. h. sie beginnt die Hindernisse zu bewegen, obwohl sie von diesen überwunden wird. Diesen Begriff des Conatus als die Fortsetzung der endlichen Bewegung, als den Ausgang derselben an der Grenze der Hindernisse, hat LEIBNIZ vollständig von HOBBES entnommen; wo die Bewegung als Extension verschwindet, bleibt sie als Streben zur Bewegung, als Bewegung im unendlichkleinen Zeitmoment bestehen. Daher können nun, ganz wie bei HOBBES, verschiedene Bewegungen in demselben Körper, d. h. in demselben Raumpunkte bestehen, nämlich als Conatus. Die Beziehung verschiedener Bewegungen auf denselben Raum- und Zeitpunkt ist durch die Auffassung derselben als Conatus, als die Tendenz[1] zur Bewegung, möglich gemacht, so, daſs zwar die Extension der Bewegung, nicht aber das Gröſsenverhältnis der Bewegungsmomente aufgehoben wird. Dadurch ist die Zusammensetzung ermöglicht. Der Begriff des galileischen Moments ist durch HOBBES' Vermittelung an den Mann gelangt, welcher bald darauf das arithmetische Zeichen für denselben fand und nunmehr die Realisierung der Bewegung im Differenzial vollzog.

HOBBES hatte die Kontinuität der Bewegung darauf gegründet, daſs jeder Körper, so klein er auch sei, bei der Bewegung gleichzeitig in verschiedenen Orten sei, d. h. er hatte eben den Begriff des Übergangs von einem Raumpunkt zum andren im Zeitmoment festgehalten. Auch LEIBNIZ sagt: Ein Punkt eines bewegten Körpers ist in der Zeit des Conatus, d. h. im Zeitelement (tempore minore quam quod dari potest) in mehreren Punkten des Raumes, d. h. er erfüllt einen gröſseren Teil des Raumes, als er selbst während der Ruhe einnimmt, indem er entweder langsamer bewegt wird, oder nur in einer Richtung strebt, wenn auch immer noch bloſs einen unangebbaren, in einem Punkte bestehenden Raumteil; dennoch verhält sich der Punkt des Körpers, d. h. der Raumpunkt, den er in der Ruhe anfüllt, zu dem Raumpunkt, den er in der Bewegung erfüllt, wie ein Punkt zur Linie. Hier strebt LEIBNIZ danach,

[1] Der Ausdruck Tendenz (tendentia) für diesen Begriff rührt von ERHARD WEIGEL (1625—99) her, wie LEIBNIZ im *Phoranomus* angibt, ed. GERHARDT *Arch. f. Gesch. d. Ph.* I S. 578.

das Raumelement von dem Wegelement, das ein Punkt im unendlichkleinen Zeitteil zurücklegt, zu unterscheiden, erfafst jedoch zunächst nur einen Teil des Problems; er erkennt, dafs beide unendlichkleine Gröfsen sind, und auch, dafs sie verschiedener Art sind, aber das Verhältnis, in dem sie stehen, erkennt er nicht; er stellt das Raumelement in dasselbe Verhältnis zum Wegelement, wie den Punkt zur Linie, weil ersteres durch einen Punkt, letzteres durch eine Linie repräsentiert erscheint. Aber der Unterschied ist der zwischen dem geometrischen und dem phoronomischen Unendlichkleinen; der ruhende Raumpunkt ist ein unendlichkleines Volumen, das Wegelement ein unendlich kleiner Weg, welcher den Begriff der Zeit mit enthält. Da LEIBNIZ die Verschiedenheit der Raumpunkte auf die Verschiedenheit der Conatus im Zeitelement begründet hatte, so sieht er sich jetzt genötigt, noch den ruhenden Raumpunkt gewissermafsen als ein Unendlichkleines höherer Ordnung einzuführen. Diese Konfundierung von geometrischen und mechanischen Begriffen rächt sich sogleich in der Anwendung, welche LEIBNIZ über HOBBES hinaus zu machen sucht, indem er die Kohäsion aus dem Conatus erklären will. In demselben Jahre in welchem die *Theoria motus abstracti* entstand, schreibt LEIBNIZ an HOBBES über diesen Versuch, zum Teil fast wörtlich so, wie im Text der *Hypothesis*,[1] also wahrscheinlich ziemlich gleichzeitig. Wir geben jedoch die LEIBNIZsche Erklärung der Kohäsion nach dem Brief an HOBBES, weil sie einerseits darin noch deutlicher ausgedrückt erscheint, andrerseits zugleich das Verhältnis zu HOBBES ans Licht tritt. Es heifst dort:[2] „Ich möchte glauben, dafs um die Kohäsion der Körper zu bewirken, der gegenseitige Conatus der Teile ausreicht, d. h. die Bewegung, wodurch der eine auf den andern drückt. Denn was sich drückt, ist im Streben nach Durchdringung. Das Streben (conatus) ist der Beginn, die Durchdringung ist Einigung. Sie sind also im Beginn der Einigung. Was aber im Beginn der Einigung ist, dessen Anfänge oder Grenzen sind Eins. Dasjenige, dessen Grenzen Eins sind (τὰ ἔσχατα ἕν), ist auch nach der Definition

[1] *M. Schr.* VI p. 59.

[2] Brief an HOBBES vom 13/23. Juli 1670, herausg. v. TÖNNIES, *Philos. Monatsh.* XXIII (1887) S. 559.

des ARISTOTELES nicht blofs in Berührung, sondern bildet ein Kontinuum, in Wahrheit einen Körper, der durch eine Bewegung in Bewegung zu setzen ist. Diese Betrachtungen, wenn sie etwas Wahres haben, dürften, wie Sie leicht erkennen, keine geringe Neuerung in der Theorie der Bewegung bieten. Jetzt habe ich nur noch zu zeigen, dafs das, was sich drückt, im Conatus der Durchdringung ist. Drücken heifst in den Ort eines andern hinstreben, so lange letzteres noch in jenem besteht. Der Conatus ist der Beginn der Bewegung, also der Beginn dazu, dort zu sein, wohin der Körper strebt. In einem Orte sich befinden, wo ein andrer Körper besteht, heifst ihn durchdringen. Also ist der Druck der Conatus der Durchdringung. Aber dies werden Sie genauer beurteilen, dem in der Prüfung von Beweisen nicht leicht jemand an Genauigkeit sich vergleichen darf." In der *Theoria motus abstracti* steht noch der Satz: „Also sind Körper, welche sich drücken oder antreiben, in Kohäsion (cohaerent)." Körper sollen also dadurch zu einem einzigen werden, dafs an ihren Grenzen Durchdringung, wenn auch nur im unendlichkleinen Raumelement, eintritt.

Wir hatten bei HOBBES ausgeführt, dafs er im Begriff des Conatus die Druckempfindung objektiviert habe als eine virtuelle Bewegung. Insofern nun Kohäsion auf dem Druck äufserer Materie beruht, ist gewifs auch der Conatus der begriffliche Ausdruck für diese Druckkräfte, aber die kohärierenden Teile bilden einen Körper eben nur so lange, als der äufsere Druck geringer ist als die trennende Kraft. Dieses quantitative Element geht in dem geistreichen Aperçu des LEIBNIZ vollständig verloren. Aus dem mechanischen Zusammenhange, der nur durch das Gleichgewicht der Conatus besteht, ist auf einmal ein metaphysischer Zusammenhang geworden, die Einheit des Körpers, auf welche die aristotelische Definition des Kontinuums pafst. LEIBNIZ hat hier blofs noch den logischen Begriff des Zusammenhangs, nicht mehr die physische Bedeutung der Kohäsion im Auge. Denn es müfste dann jeder Conatus, ob grofs oder klein, vollständige Kohäsion ohne Gradunterschiede hervorbringen, da jeder Conatus eine Durchdringung der Grenzen, ein τὰ ἔσχατα ἕν hervorruft. Dadurch geht aber der Wert des Conatus, die Druckempfindung als mefsbare Gröfse zu objektivieren, vollständig verloren. Die LEIBNIZsche Exkursion in

das aristotelische Definitionssystem fördert daher die Frage nach der Kohäsion, nach der Einheit der Teile in der Bewegung, gar nicht, sondern verwirrt sie nur; sie konfundiert die geometrische Kontinuität mit der mechanischen Kohäsion. Und deshalb ist ihre Quelle schon in der nicht gelungenen Unterscheilung des geometrischen und mechanischen Unendlichkleinen zu suchen.

Leibniz hatte sich hierbei mit seinen eigenen Prinzipien in Widerspruch gesetzt, und zwar dadurch, dafs er den Begriff des Conatus allerdings von Hobbes aufgenommen, aber, da er dessen Ansicht von der substanziellen Ausdehnung des Körpers nicht teilte, die Elemente des Kontinuums zum Inextensiven gemacht hatte. Ist jedoch das Wegelement — und ganz mit Recht — nicht mehr ausgedehnt (sondern eben die unendlichkleine Ausdehnung), so durfte er auch jetzt nicht den bewegten Punkt gleichzeitig in mehreren Raumpunkten sein lassen, sondern er mufste die bei Hobbes berechtigte Vorstellung dem Begriffe des Inextensiven gemäfs umformen. Die unendlichkleinen Elemente des Weges stehen zwar in endlichen Gröfsenverhältnissen zu einander, sie sind durch Linien in der Ausdehnung zu repräsentieren, aber sie durften im Begriffe nicht wieder als ausgedehnte Linien betrachtet werden, die sich wie Raumgröfsen durchdringen; damit wurde die Extension wieder in die Elemente hineingetragen. Dies mochte Leibniz durchschauen, als ihm die arithmetische Bedeutung des Differenzials aufgegangen war.

Daher hat er auch bald diese Erklärung der Kohäsion fallen lassen, die, wie es scheint, nur eine vorübergehende Einwirkung seiner konziliatorischen Bestrebung mit Aristoteles war. Schon in dem Briefe an Fabri ist gesagt, dafs man keine andre Ursache für die Kohäsion zu suchen habe, als die übereinstimmende Bewegung der Teile.[1]

3. Die Substanzialisierung der Kraft.

Dafs seine Theorie der Bewegung eine Lücke besitzen müsse, hat Leibniz selbst alsbald erkannt. Es fehlte ihm noch

[1] *M. Schr.* VI p. 87.

ein Begriff, um seinen Körpern Substanzialität oder seinen Bewegungen Realität zu verleihen und die Theorie der Erfahrung anzupassen. Dies Fehlende suchte er zunächst in der „Ökonomie des Systems“, d. h. in der Wirksamkeit des Äthers. Er suchte dadurch einen Ersatz zu schaffen für die Grundlage, welche Hobbes in der Substanzialität des Körpers besafs.

Vergleicht man die Festsetzungen Leibnizens mit denen von Hobbes, so zeigt sich, dafs der Begriff, welchen beide mit den Terminis *instans*, *punctum* und *conatus* verbinden wollen, auf dem gleichen Bestreben nach einer Fundierung des Kontinuums im Unendlichen beruht. Denn wenn Leibniz auch im Gegensatz zu Hobbes den Punkt nicht als das erklärt wissen will, dessen Teile nicht in Betracht kommen, sondern als das, dessen Teile nicht in Betracht kommen können, weil sie nicht mehr zur Ausdehnung gehören, so ändert dies nichts am thatsächlichen Gebrauch der Begriffe als der unendlichkleinen Elemente der Ausdehnung. Aber wohl spricht sich darin der Unterschied der metaphysischen Standpunkte aus. Nach Hobbes gibt es überhaupt nichts, das nicht ausgedehnt wäre; deshalb beschränkt sich seine begriffliche Fundierung der sinnlichen Veränderung auf die logische Abstraktion von der Ausdehnung — sie wird im Punkte nicht in Betracht gezogen, weil es nur auf die Einheit der Setzung ankommt — sie ist aber nicht aufgehoben, weil der Begriff der Gröfse bei Hobbes an der Ausdehnung haftet und die Vergleichung verschiedener Punkte sonst nicht möglich wäre. Bei Leibniz dagegen liegt immer im Hintergrunde der Gedanke, der sich hier eben erst in dieser Abweichung von Hobbes verrät, dafs die Ausdehnung das Wesen des Körpers nicht erschöpft. Er spricht ohne Scheu von dem Gegebensein und der Verschiedenheit der *Inextensa*, weil er die Realität derselben nicht in der Ausdehnung sucht, obwohl ihm vorläufig noch der zureichende Begriff für das fehlt, was nichts andres ist als die intensive Gröfse. Hier eben zeigt sich der innerste Prozefs, der Leibniz zur Differenzialrechnung und zur Substanzialisierung der Kraft führte. Er ergreift begierig die Hobbesische Rationalisierung der Veränderung des Kontinuums im unendlichkleinen Element der Ausdehnung und erweitert das letztere zum Inextensiven. So hat er das Nichtausgedehnte durch Hilfe des Unendlichkleinen mit der Ausdehnung als deren Bedingung verbunden.

Hier aber griff ein andres Element aus dem Genie des universalen Denkers ein; seine mathematische Durchbildung. Jene Auffassung des Nichtausgedehnten als Beginn der Ausdehnung war ihm nur darum möglich, weil für ihn die Gröfse nicht durch die Ausdehnung, wie bei HOBBES, sondern im Begriffe der Zahl gegeben war, und er daher die verschiedenen Verhältnisse der unendlichkleinen Elemente als arithmetische Werte zu fassen vermochte. So konnte er es unternehmen, dieselben durch Zahlzeichen, durch algebraische Charaktere zu repräsentieren und der Rechnung zu unterwerfen.

Er versucht mechanisch und geometrisch diesen Begriff zu verwerten. Das letztere gelingt ihm, er findet im Jahre 1675 den Algorithmus der Differenzialrechnung,[1] er kann die Verhältnisse der unendlichkleinen Veränderungen ausgedehnter Gröfsen in Beziehung setzen, mit ihnen operieren und auf Beziehungen der ausgedehnten Gröfsen aus ihnen zurückschliefsen. Hier hat der Begriff des Kontinuums in der Abstraktion von der Ausdehnung die überraschendste Frucht getragen. Im Besitze dieser Frucht war LEIBNIZ bereits, als er FABRI seine in der *Hypothesis physica* aufgestellten Ansichten auseinandersetzte. Aber in diesem Briefe ist die Theorie der abstrakten Bewegung samt dem Begriffe des Conatus verschwunden, LEIBNIZ redet nicht mehr davon, er wünscht jedoch, FABRI hätte ihm gesagt, worin denn das Wesen des Körpers bestehe, woher die Undurchdringlichkeit stamme.[2] Offenbar hat sich LEIBNIZ hier selbst noch nicht entschieden, aber er hat bereits erkannt, dafs seine Theorie vom Conatus für die Mechanik nicht zur Konstituierung der Wissenschaft ausreicht, wie diejenige vom Raumelement in der Geometrie zur Aufstellung der Analysis des Unendlichen. Die stetige Auffassung der Zahl und ihre Anwendung auf die Elemente von Raum und Zeit gaben reiche Entdeckungen in Arithmetik, Geometrie und Phoronomie, aber sie gaben keine Dynamik, keine Darstellung der Kraftwirkungen der Körpermassen. Was fehlte hier noch an dem Begriff des Conatus? Was war das, was in den physischen Körpern noch aufser der Ausdehnung steckte? Wenn der Begriff des *Inextensum*

[1] Vgl. GERHARDT, *Entdeckung d. höh. Anal.* S. 58.
[2] *M. Schr.* VI p. 97.

zur Erzeugung der Zahl- und Raumgröfse auszureichen schien, aber trotz der Verbindung mit der Bewegung das Wesen des Körpers noch nicht erschöpfte, wenn aber andrerseits das Wesen des Körpers sich als seine sinnliche Wirkungsfähigkeit im Gegensatz zum geometrischen Körper und der phoronomischen Bewegung offenbarte, so mufste es wohl aufser den *Inextensa* von Raum, Zeit und Bewegung noch ein weiteres *Inextensum* geben, welches jene Wirkungsfähigkeit realisiert. Daher machte LEIBNIZ die letztere im Begriff der Kraft ebenfalls zu einem *Inextensum*, er machte das Unausgedehnte zum Intensiven. Aber er band den Begriff der dynamischen Wirkung an den Punkt, als das Element des Raumes; er substanzialisierte die Kraft als Bewegungsursache, statt die Bewegung zu realisieren. So fielen Substanzen, Kräfte und Punkte zusammen. Dieser Fehlgriff hat seine letzte Wurzel darin, dafs LEIBNIZ den Begriff des Conatus von HOBBES entnahm, nicht aber die Substanzialität des Körpers, welche jenem als Voraussetzung und realisierender Träger der Bewegung diente.

Als nun LEIBNIZ sehr wohl erkannte, dafs sein Begriff vom Conatus ohne die Substanzialität des Körpers von der Phoronomie in die Dynamik nicht hinüber führte, konnte er sich doch nicht entschliefsen, die Ausdehnung im Atom zu substanzialisieren und dadurch der im Conatus realisierten Bewegung dasjenige Substrat zu verleihen, welches sie zur Anwendung des Begriffs der Wechselwirkung befähigte, sondern er machte den Conatus, dessen Realität ja schon im Zeitelement gesichert war, auch noch zur Substanz, um auf diese Weise die ihm fehlende Substanzialität des Körpers zu ersetzen. Er konnte sich nicht damit begnügen, das Intensive der Wirkung allein in dem die Bewegung realisierenden Conatus zu sehen, weil alsdann die Ausdehnung des Körpers ohne Substanzialität zur sinnlichen Illusion geworden wäre; und da nun einmal der Körper für sich keine Substanzialität erhalten sollte, mufste er sie mit der Bewegung zugleich bekommen, d. h. die Bewegung wurde im Raumpunkte noch einmal als Kraft substanzialisiert. So entstand die dynamische Theorie der Materie. Sie beruht auf dem unzulässigen Bestreben, das Denkmittel der Substanzialität in dasjenige der Variabilität aufzunehmen.

Dafs, wie oben erwähnt, LEIBNIZ sehr bald erkannte, es müsse,

wenn die Substanzialität des Körpers nicht in seiner Ausdehnung besteht, die Realität der Körperwelt in andrer Weise gewährleistet werden, und wie er diesem Mangel abzuhelfen suchte, erörtern wir noch an einigen historischen Zeugnissen. Er konnte zunächst diese Realität nur in der Bewegung sehen, denn nur diese kann, wenn das Wesen des Körpers in der Ausdehnung besteht, Körper und Raum differenzieren; und so nimmt er gerade aus seiner Bewegungslehre einen Grund, die Ausdehnung als wesentliche Eigenschaft des Körpers zu leugnen, weil der Begriff derselben schon durch den des Raumes erschöpft sei.[1] Aber es war ihm nicht möglich, von hier zu Gesetzen der Körperwelt zu gelangen, weil ihm jedes quantitative Gesetz über die Mitteilung der Bewegung fehlte; es mangelte ihm an Prinzipien der Mechanik, und somit kam seine Mechanik nicht über die Phoronomie hinaus, er bewegte sich selbst in der Konstitution des Begriffs der unendlich-kleinen Bewegung immer nur in den Grenzen der Phoronomie und Geometrie. Und eben auf diesem Mangel beruhte es, dafs er, obwohl ihm das Denkmittel der Variabilität zur Verfügung stand und er den Begriff des Conatus besafs, doch nicht den Schlufs vollziehen konnte, dafs in der Gröfse des Conatus das Intensive der Empfindung objektiviert ist — eben weil der Conatus keine mefsbare Gröfse für ihn besafs und sich mit der empirischen Empfindung nicht in Beziehung setzen liefs. Wohl unterschied sich der bewegte Körper vom ruhenden durch die Tendenz der Bewegung in jedem Momente, aber die Wechselwirkung der Körper wollte sich nicht daraus ergeben; zwar liefsen sich die Conatus mathematisch zusammensetzen, aber die Körper wollten ihnen nicht folgen! Leibniz spricht sich selbst darüber aus, wie ihm sein Irrtum klar wurde[2] und er-

[1] Brief an Arnauld, 1671 od. 72. *Phil. Schr.* I, p. 72. S. Selver, a. a. O. S. 423, 424, A. 2.

[2] „Es wollte sich nicht zeigen, wie ein Conatus in der Natur vernichtet oder einem Körper genommen werden könne. Ich begriff nämlich nicht, wie es möglich sei, dafs der Conatus eines in Bewegung versetzten Körpers (wenn er auch sicher durch einen entgegengesetzten Conatus *per accidens* aufgenommen werden konnte) nicht an und für sich seine Wirkung behielte, weil man sich ja kein andres Hindernis desselben denken konnte, als einen Körper, der sich demjenigen entgegenstellte, welcher seine Bewegung fortzusetzen strebte. Nun

klärt dann weiter, dafs er, um das System der Dinge mit seinen Bewegungsgesetzen in Übereinstimmung zu bringen, angenommen habe, dafs die elementaren oder primitiven Körper untereinander gleich seien. „Daraus ergab sich ein Modus zu bewirken, dafs ein gröfserer Körper stärker widerstehe, falls die Elemente in ihm nicht kontinuierlich, sondern mit Unterbrechungen angenommen werden.“ [1]

Leibniz mufs also wieder zur Korpuskulartheorie zurückgreifen und findet den richtigen Ausweg, dafs die Menge der bewegten Materie, definiert durch die Anzahl der Elementarkörperchen, geeignet ist, ein Gesetz über die Mitteilung der Bewegungen aufzustellen, welches Gröfsenbestimmungen gestattet. Aber hier findet sich die andre Schwierigkeit, welche jede Atomistik bietet, so lange man das Wesen der Prinzipien der Mechanik und zwar des Satzes von der Erhaltung der Energie noch nicht erfafst hat. Leibniz fährt fort:

„Alles erwogen, bemerkte ich schliefslich, dafs ich durch derartige Regeln den Ausgang nicht finden könne. Wenn es nämlich auch möglich wäre, dafs die Wirkung, welche durch den entgegengesetzten Anlauf in der Materie verloren geht oder vermindert wird, wieder vermehrt oder hergestellt werde durch

---

ist aber ein solcher im freien Raum befindlich und mit diesem durch keinerlei Fessel verbunden, sondern höchstens wieder mit einem andren Körper, mit welchem er ein Ganzes ausmacht, das doch schliefslich durch nichts weiter gebunden ist; dieser Gesamtkörper, wie grofs er immer sei, wird dann den Conatus aufnehmen und ihm bereitwillig weichen, ob er in Ruhe oder schon in Bewegung sei, zumal auch die entgegengesetzte Bewegung den entgegengesetzten Conatus nicht vernichtet, sondern nur kompensiert. Darum sah ich nicht, warum nicht jeder Conatus einem entgegenstehenden Körper eingeprägt werden sollte. Und da aufserdem der ankommende Körper im Momente des Anlaufs den Conatus der Fortsetzung und des Antreibens des entgegengesetzten besitzt, d.h. den entgegengesetzten anzutreiben beginnt, meinte ich, es folge hieraus, dafs dieser angetrieben zu werden begönne und daher auch selbst fortzuschreiten strebte. Da es also zwar einen Grund zur Annahme des Conatus gab, aber kein Grund für die Ausschliefsung oder Begrenzung desselben im aufnehmenden Körper aus dem Begriff des Körpers hergeleitet werden konnte, so nahm ich für jeden Conatus die volle Wirkung auf alles Entgegenstehende an und erklärte allgemein, dafs jeder Körper den Conatus eines andren, dem er widersteht, aufnehme.“ Gerhardt, *Arch. f. Gesch. d. Phil.* I, S. 578, 579.

[1] A. a. O. Inde jam apparebat modus efficiendi, ut corpus majus magis resisteret, modo elementa in eo non continua sed interrupta ponerentur....

den Anlauf auf den vorangehenden oder ruhenden Körper, so dafs dennoch die Kompensation in der Natur immer genau stattfinde, so sah ich doch, dafs dies aus jenen Regeln der Bewegung, wie man sie auch kombiniere, allein nicht erhalten werden könne, sondern dafs es dazu eines gewissen höheren Prinzips bedürfe, um Regeln einer systematischen Bewegung zu erhalten, da die Körper selbst, wenn sie nur in ihrem mathematischen Begriffe bestehen, die zukünftigen Wirkungen und daher die Gesetze ihrer Bewegungen nicht enthalten können. Gewifs war soviel klar: Durch meine Stofsgesetze konnte zwar ein Modus gefunden werden, dafs eine geringere Geschwindigkeit entsteht, als gegenwärtig in den Körpern ist, aber eine gröfsere zu erhalten war unmöglich. Daher stand fest, dafs die Geschwindigkeit immer verringert und niemals wieder hergestellt werden würde. Aus diesen und vielfachen andern Gründen habe ich endlich geschlossen, dafs die Natur der Materie uns noch nicht zur Genüge bekannt sei, und dafs wir uns von der Trägheit der Körper oder ihrem Vermögen (potentiae) keine Rechenschaft geben können, wenn nicht etwas andres als die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit in den Körpern statuiert wird . . . Die mechanischen Prinzipien selbst und die Gesetze der Bewegung stammen, glaube ich, aus der Notwendigkeit der Materie, aber aus einem gewissen höheren Prinzip, das von der Anschaulichkeit und dem Mathematischen unabhängig ist.“ . . .

Weiter glaubt Leibniz aus dem Zweifel an der Existenz einer absoluten Bewegung schliefsen zu müssen, dafs das Reale und Absolute in der Bewegung nicht in dem rein Mathematischen, der blofsen Lageveränderung, bestehe, sondern in einer bewegenden Kraft selbst; wenn es eine solche nicht gäbe, würde die absolute und reale Bewegung selbst zweifellos aufgehoben werden.

„Andrerseits haben wir in der Natur etwas, das nicht mathematisch ist, zumal die Bewegungsversuche zweier sich begegnenden Körper selbst zeigen, dafs die Natur mit wunderbarer Vorsicht dafür sorge, dafs die Gewalt des Stofses und (wenn Empfindung vorausgesetzt wird) die Gröfse des Schmerzes dieselbe bleibt, sobald die Körper sich mit derselben relativen Geschwindigkeit annähern, so dafs es nichts ausmacht, nach welchem Verhältnis die Bewegung auf den einen oder den andren Körper verteilt ist, als ob es somit keine absolute Bewegung gäbe. Um mich endlich aus diesem Labyrinthe herauszufinden, fand ich keinen andren Ariadnefaden, als die Schätzung der Kräfte unter Annahme des metaphysischen Prinzips: dafs die Gesamtwirkung stets gleich ist ihrer vollen Ursache. Je mehr ich begriff, dafs dies mit den Versuchen übereinstimme und allen Zweifeln Genüge thue, desto mehr bin ich in besagter Ansicht bestärkt worden, dafs die Ursachen der Dinge nicht so zu sagen fühllos (surdas) und rein mathematisch seien, wie der Zusammenstofs der Atome oder gewisse blinde Naturkräfte, sondern von einer gewissen Intelligenz herkommen, welche mit metaphysischen Gründen rechnet (quae metaphysicis rationibus uteretur).“

Eine klarere Darlegung der Motive, welche LEIBNIZ von der kinetischen zur dynamischen und metaphysischen Begründung des Körperbegriffs geführt haben, als er hier selbst gibt, kann man nicht wünschen. Um überhaupt zu Bewegungsgesetzen zu gelangen, bedurfte es der Einführung der Gröfse der bewegten Materie, also im letzten Grunde fester Partikeln. Für sie zeigt auch LEIBNIZ immer noch eine gewisse Vorliebe, er gibt wenigstens zu, dafs GASSENDI richtiger philosophiert habe als DESCARTES, aber er findet doch unüberwindliche Schwierigkeiten in der Atomistik, d. h. in der Substanzialität der Solidität. Es mag sein, dafs hier theologische Motive, auf die LEIBNIZ wiederholt Wert legt, insbesondere die Schwierigkeiten, welche sich für die Transsubstanziationslehre darbieten, von Einflufs gewesen sind.[1] Immerhin aber dürften derartige Wünsche der Gesinnung nur die Richtung des LEIBNIZschen Denkens, nicht aber seine Begründung beeinflufst haben, welche wesentlich in den mathematisch-physikalischen Studien wurzelt.

Wir finden vielmehr die Motive des LEIBNIZschen Übergangs zur Substanzialisierung, deren innerer Zusammenhang oben schon angedeutet, äufserlich bedingt durch seinen Verkehr mit HUYGENS, die dadurch gewonnene Überzeugung von der Richtigkeit der Gesetze des elastischen Stofses und das Verständnis des im *Horologium oscillatorium* (1673) aufgestellten Grundsatzes: Der Schwerpunkt des Pendels steigt so hoch als er gefallen ist. Hierin liegt der Gedanke, welcher LEIBNIZ zur Aufstellung seines neuen Kräftemafses und infolgedessen zur Substanzialisierung der Kraft führte. Auch bei LEIBNIZ ist, wie bei HUYGENS, die Bewegung nur durch Stofs mitteilbar. Gründet er die Bewegungsgesetze auf die Übertragung des Conatus in der absolut flüssigen Materie, so gibt es keine Begrenzung des Conatus; gründet er sie auf den Widerstand absolut fester Teilchen, so mufs sich die Wirkung allmählich verlieren. Aus diesem Labyrinth, sagt LEIBNIZ, führte ihn nur der Ariadnefaden von der Erhaltung der nach dem Quadrate der Geschwindigkeit geschätzten Kräfte. Diese Ariadne aber

---

[1] Vgl. das von GERHARDT ins Jahr 1680 verlegte Manuskript, welches die ersten Äufserungen zur Substanzialisierung des Kraftbegriffs enthält, Monatsberichte der k. pr. Akademie d. Wiss. zu Berlin 1880, S. 830.

war Huygens. Huyegns hatte gezeigt, dafs beim Stofse elastischer Körper die lebendige Kraft sich erhält; er hatte auch gezeigt, dafs die volle Wirkung des Falls eines Körpers, zur Arbeit des Emporhebens verwendet, ihn auf dieselbe Höhe hebt. Hier war das Mafs für die Kraft gegeben, unter dessen Voraussetzung sich die Ursache der Bewegung im Weltall ungeschwächt, weder vermehrt noch vermindert, als Wirkung erhalten konnte. Dies erkannte Leibniz. Aber weil diese Erhaltung der Kraft empirisch nur für den Stofs elastischer Körper galt, so schlofs Leibniz, dafs die letzten Teile der Körper sämtlich sich verhielten, als ob sie elastisch seien. Hier bot sich die Aussicht, die Realität der Bewegung mit den Gesetzen der Erfahrung und mit dem Begriffe der Kontinuität zu vereinigen. Denn je mehr der Kontinuitätsgedanke in Leibniz sich klarer gestaltete, um so weniger vermochte er sich eine Stofswirkung vorzustellen, bei welcher nicht die Geschwindigkeit allmählich bis Null abnähme und dann wieder anwüchse. So gehen die Aufstellung des Kräftemafses und die Befestigung des Kontinuitätsgesetzes, nach welchem jetzt die Ruhe — was in der *Hypothesis physica* noch nicht der Fall war — als unendlichkleine Bewegung vorgestellt wird, als parallele Ergebnisse aus den Huygensschen Entdeckungen hervor, und beide erfordern die ursprüngliche Elasticität,[1] welche aber aus der Materie allein nicht mehr zu erklären ist, sondern auf ein neues Prinzip führt. Diese Gedanken klären sich bei Leibniz in der Zeit bis etwa zum Jahre 1680. Er bemerkt am Rande des 1676 auf der Überfahrt von England nach Holland niedergeschriebenen Dialogs über die Bewegung, dafs er darin die Natur der Veränderung und des Kontinuums der Bewegung betrachtet habe; es bliebe noch zu untersuchen das Subjekt der Bewegung, um zu erkennen, welchem von zwei die Bewegung austauschenden Körpern sie zuzuschreiben sei, und dann die Bewegungsursache oder bewegende Kraft.[2] Sobald Leibniz erkannt hatte, dafs diese bewegende Kraft so beschaffen sein müsse, wie bei den elastischen

[1] Beweisend für diese Grundanschauung Leibniz' ist die Stelle im *Essai de Dynamique*, *M. Schr.* VI p. 228, 229.

[2] *Arch. f. Gesch. d. Phil.* I S. 215.

Körpern, war für ihn der Übergang zur metaphysischen Substanzialisierung der Kraft entschieden. Elasticität ist eine Aktion, welche aus dem Begriff der Materie allein nicht zu erklären ist. Man konnte bei den sinnlichen elastischen Körpern ihre Wirkung, wie es die *Hypothesis* gethan, noch auf den Äther zurückschieben; nachdem aber erkannt war, dafs auch für diesen eine bewegende Kraft nötig sei, konnte LEIBNIZ sie nur in einer *actio* suchen, welche der Materie selbst nicht mehr zukam. Bei HUYGENS hatte die Materie ihre Substanzialität in den soliden Atomen und die Bewegung ihre Realität in den Prinzipien der Mechanik; bei LEIBNIZ hatte die Materie keine Substanzialität, sondern die Bewegung mufste dieselbe erst gewährleisten. Das Prinzip der Dynamik wurde als Ursache der Bewegung, als bewegende Kraft substanzialisiert, um die Materie nicht zur Illusion zu machen. „Der Ausdehnung ist die Aktion hinzuzufügen. Der Körper ist also ein ausgedehntes Agens. Man könnte sagen, er ist ausgedehnte Substanz, wenn man nur festhält, dafs alle Substanz agiert und jedes Agens Substanz genannt wird. Es kann aber zur Genüge aus innern Prinzipien der Metaphysik gezeigt werden, dafs das, was nicht agiert, auch nicht existiert; denn es gibt keine Potentia des Agierens ohne den Beginn des Actus.“[1] Hiermit ist nicht nur die Substanzialisierung der Kraft vollzogen, sondern zugleich auch durch die Einführung des zweideutigen Begriffs des Wirkens und Handelns dieselbe auf eine geistige Potenz reduciert, welche in die Dinge vom Schöpfer hineingelegt ist.

Damit die Wechselwirkung der Körper durch Prinzipien der Mechanik gewährleistet werde, ist zweierlei notwendig. Die sinnlichen Veränderungen in Raum und Zeit müssen Objektivität erhalten als raumerfüllende und als raumwechselnde Gröfsen. Um dies möglich zu machen, mufs es zwei Verfahrungsweisen des Bewufstseins geben, zwei Arten, den Sinneninhalt zu Einheiten im Begriffe zu verbinden. Die erste beruht auf der Identität, die zweite auf der Kontinuität des Bewufstseins; die erste heifst Substanzialität, die zweite Realität (Variabilität). Die

[1] *Berl. Monatsber.* 1880. S. 830. Vgl. hierzu LEIBNIZ, *De primae philosophiae emendatione, Acta Erud.* 1694 p. 111. *Ph. Schr.* IV p. 469.

erste schafft Einheiten im Raum, die zweite in der Zeit. Durch die erstere wird das Körperelement als mit sich selbst identisch gedacht, d. h. zur Substanz; durch die letztere wird es als Element der kontinuierlichen Veränderung, das Gesetz seines Werdens einschliefsend gedacht, d. h. es erhält Realität. Beide Denkmittel zusammen geben den Begriff der mit Energie begabten Atome.

Die dynamische Theorie dagegen konstituiert den Körperbegriff, indem sie nur das Gesetz der kontinuierlichen Veränderung, also die Realisierung des Raumteils anerkennt und mit der Realität auch zugleich die Identität des Raumteiles mit sich selbst für gegeben ansieht. Das Körperelement ist dann definiert allein durch die Wirkung, welche es im gegebenen Zeitmoment auszuüben vermag, und diese mufs zugleich seine Raumerfüllung bedingen. Die Substanzialität erscheint somit überflüssig. Sie ist aber einmal ein uns gegebenes, unvermeidliches Denkmittel, das sich unter allen Umständen geltend macht, indem sie ein Subjekt der Aussage schafft und dieses aus dem Kontinuum heraushebt. Wenn man diese Zusammenschliefsung zur identischen Einheit im Begriff des Körpers nicht auf das Raumelement bezieht, so bleibt nichts übrig, als dafs sie sich auf das Zeitelement wendet und hier das, was als Bewegung realisiert ist, zu einer sich selbst gleichbleibenden Wirkungsweise macht, d. h. zur Kraft. Damit aber wird gerade das aufgehoben, was die Realität leisten sollte, nämlich das Gesetz der Veränderung im unendlichkleinen Zeitteil zu fixieren, so dafs es von Zeitelement zu Zeitelement die Möglichkeit gesetzmäfsiger Veränderung garantiert. Durch die Anwendung des Substanzbegriffs auf diese Veränderung in der Zeit wird daraus wieder ein mit sich selbst Identisches, im Laufe der Zeit Dauerndes, nämlich die konstante Kraft. Von dem Werte dieses Begriffs in der analytischen Mechanik ist hier nicht die Rede, sondern von der Notwendigkeit desselben in der erkenntniskritischen Begründung der Theorie der Materie. Und hier ist derselbe offenbar überflüssig, weil er keine neue Realisirung leistet, die nicht durch die Realisierung im Zeitmoment selbst schon geleistet wäre, wohl aber eine schädliche Substanzialisierung, indem er eine Bedingung der Veränderung der Be-

wegung zur Substanz macht. Dagegen fehlt dann der Begriff der Substanz dort, wo er hingehört, nämlich in der Identifizierung des einheitlich bewegten Raumteils. Diesen unüberwindlichen Defekt der Fluiditätstheorien haben wir an andrer Stelle klargelegt (s. II S. 381). Wollte man jedoch den Substanzbegriff doppelt anwenden, so entstände das substanzielle Atom mit konstanten Kräften, wie wir es bei und nach NEWTON in der Physik finden. Zur praktischen Anwendung mag dies in einzelnen Teilen der Physik von Vorteil sein, für die erkenntniskritische Grundlegung ist die Wiederholung in der Substanzialisierung zu verwerfen.

Wir haben demnach gesehen, wie sich der Übergang zur dynamischen Theorie bei LEIBNIZ derart gestaltet, dafs sich der Ort des Substanzbegriffes verschiebt, indem statt der körperlichen Ausdehnung die Tendenz zur Bewegung zur Substanz gemacht wird. Weil nun eine solche Substanz in der Ausdehnung nicht anzutreffen ist, so wird sie hinter die Ausdehnung verlegt. Und darum sehen wir LEIBNIZ wie NEWTON dazu übergehen, die Ursache der Bewegung, nachdem sie einmal substanzialisiert ist, nicht in der Körperwelt, sondern in einer jenseitigen metaphysischen Macht zu suchen, die sich immer nur im authropomorphistischen Bilde der Vorstellung oder des Willens verdeutlichen läfst.

Nachdem LEIBNIZ seinen Substanzbegriff zu dem der Kraft (virium seu virtutis, quam Germani vocant Krafft, Galli *la force*) erweitert und diese als *vis activa*, als Entelechie bestimmt hatte, welche „zwischen *facultas agendi* und *actio* in der Mitte liegt und den *conatus* einschliefst,“ [1] fand er eine weitere Schwierigkeit darin, dafs er diese thätigen Substanzen als wahre oder reelle Einheiten auffassen zu müssen glaubte. „Um jene wahren Einheiten aufzufinden, war ich genötigt, meine Zuflucht zu einem formalen Atome zu nehmen, da ein stoffliches Wesen nicht gleichzeitig stofflich und doch vollkommen unteilbar oder mit wahren Einheiten begabt sein kann.“ [2] Diese formalen Atome sind die Monaden, eine Ersetzung der substanziellen

[1] *De primae phil. emendatione. Acta erud.* 1694 p. 111. *Phil. Schr.* IV p. 469.
[2] *Système nouveau de la nature,* 1695. Deutsch von R. HABS. Leipzig. S. 43. Vgl. d. Abänderung *Ph. Schr.* IV p. 478.

Formen durch einen dynamischen Begriff, dem jedoch zugleich etwas „dem Gefühlsvermögen und dem Begehren Ähnliches" anhaftet. „Aristoteles nannte sie „erste Entelechien," ich nenne sie, vielleicht verständlicher, ursprüngliche Kräfte", nämlich Kräfte, welche eine ursprüngliche Thätigkeit in sich schliefsen. Sie sind nicht stoffliche, sondern substanzielle Atome, d. h. metaphysische Punkte, welche etwas Lebendiges besitzen: erst ihre Vereinigung gibt die physischen Punkte. Da aber zwischen wahren Substanzen keine Wechselwirkung bestehen kann, und da es nur ein beständiges Wunder und Gottes nicht würdig erscheint, die Wechselwirkung in jedem einzelnen Falle, wie der Occasionalismus lehrt, zu bewirken, so stellt Leibniz sein berühmtes System der prästabilitierten Harmonie auf, nach welchem jede Monade das Gesetz ihrer eigenen Entwickelung so in sich trägt, dafs die Zusammenstimmung aller dieser einzelnen Entwickelungen garantiert ist.

Wenn die Substanzialisierung der Kraft auf Leibniz' dynamischen Entdeckungen beruht, so darf man in dem System der prästabilitierten Harmonie der Einzelsubstanzen unter andrem auch den Einflufs des Spinozismus sehen, welchem Leibniz nachgewiesenermafsen [1] in der Zeit des Überganges zur dynamischen Auffassung sehr nahe gestanden hat. Wie bei Spinoza die Einzeldinge in absoluter Gesetzmäfsigkeit in der unendlichen Substanz Gottes verknüpft sind, so sind bei Leibniz die Einzelsubstanzen durch Gott mit Gesetzlichkeit ihrer Entwickelung versehen.

Die Monade ist die Verbindung des metaphysischen Substanzbegriffs Spinozas mit dem Gesetze der Kontinuität und dem dynamischen Atom. Dafs Leibniz die Substanz als wirkend und einfach auffafst und die unendliche Vielheit der Substanzen voraussetzt, hat seinen Grund in seinem Ausgangspunkte von der Dynamik und der Atomistik. Punktuelle Atome, welche erst durch ihre Vereinigung die physische Ausdehnung erzeugen, sind keine Leibnizsche Erfindung. Nicht nur der Einflufs Brunos auf Leibniz ist bekannt, wir haben — abge-

[1] Vgl. Ludw. Stein, *Leibniz in seinem Verhältnis zu Spinoza. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin* 1888. S. 615 ff. u. *Arch. f. G. d. Ph.* 1889. III S. 72 ff. — Vgl. Caspari, *Leibniz* etc. S. 96 ff.

sehen von den Mutakallimun — die punktuellen Atome auch bei Lubin kennen gelernt, und gerade in jener Zeit, als Leibniz den Übergang zur Monadologie vollzog, traten die konziliatorischen Versuche zwischen Peripatetismus und Atomistik von Maignan, Casimir und Duhamel auf (s. folg. Abschn.). Diese haben Leibniz bei seiner Neigung zum Ausgleich mit Aristoteles sicherlich ebenso beeinflufst, wie andrerseits die in jene Zeit fallenden Entdeckungen von Leeuwenhoek, Malpighi u. a. über die Mikroorganismen sein naturwissenschaftliches Interesse auf die organisierende Thätigkeit der Natur im Kleinsten hinwiesen.[1] Leibniz sucht nun den Gedanken des gesetzlichen Werdens begrifflich zu fixieren und verlegt das Gesetz direkt in das Atom hinein. Dies unterscheidet ihn absolut von jeder mechanischen Theorie. Das Denkmittel der Variabilität wird nicht auf die Wechselwirkung der Atome, sondern auf jedes einzelne Atom angewendet, weil Leibniz die Substanzialität nur in der Wirkungsfähigkeit begründet sehen will. Die Monade ist alsdann — bei dieser Verschiebung seines Angriffspunkts — die notwendige Folge des Denkmittels der Variabilität, welches ja darin besteht, das Kontinuum begrifflich fafsbar zu machen, indem jeder Zustand als Tendenz zum Übergange begriffen wird. So trägt jede Monade das Gesetz ihrer Veränderung in sich. Während Spinoza alle Einzeldinge in der unendlichen Substanz gegeben sieht nach Analogie der geometrischen Figuren, die aus den Eigenschaften des Raumes fliefsen, so fafst Leibniz die Substanz nach Analogie der veränderlichen Zahl. Es ist die Methode der euklidischen Geometrie, welche Spinoza, und die Methode der Infinitesimalrechnung, welche Leibniz in seinem Denken beherrscht, wenn er die funktionale Abhängigkeit des Weltlaufs von der ursprünglichen Einheit begreifen will. Die Geometrie aber schliefst die Zeit aus, die Arithmetik schliefst sie ein, und dadurch erhält die Monade dynamischen Charakter, es wird möglich, sie mit einer andren, aus dem Gebiete des Empfindungslebens gezogenen Vorstellungsweise zu verknüpfen.

Die Beurteilung und die nähere Erforschung der Genesis der Monadenlehre ist hier nicht unsere Aufgabe. Wir hatten sie nur

[1] Vgl. II S. 457 u. 512. — S. auch Caspari, *Leibniz* etc. S. 109 u. Beilage p. VII.

als den Grenzstein zu markieren, an welchem Leibniz mit der metaphysischen Begründung der Physik das Gebiet überschreitet, welches die mechanische Korpuskulartheorie beherrscht. Sie soll aber auch bei Leibniz nicht mehr leisten, als diese metaphysische Fundierung. Die Monade kann nicht dazu dienen und soll nicht dazu dienen, das physische Geschehen zu erklären, sie soll ihm nur Realität verleihen. Innerhalb der sinnlichen Welt aber haben wir, wie Leibniz immer hervorhebt, uns lediglich an mechanische Gesetze zu halten und diese zu erforschen. In dieser Hinsicht ist Leibniz stets im Gegensatz zu Newton Kinetiker geblieben.[1] Weil er aber die Realität hinter die Materie verlegt hatte, kam er zu keinem von seinen metaphysischen Voraussetzungen unabhängigen Begriff der Materie, der die Wechselwirkung der mathematischen Formulierung zugänglich gemacht hätte, trotz seines Gesetzes der Kontinuität und trotz seines Gesetzes der Erhaltung der Kraft. Die ursprünglichen Teile der Materie können nach ihm sowohl hart und weich, ja sogar in verschiedener Hinsicht zugleich hart und weich sein. Die Mitteilung der Bewegung wird daher nur als Stofs elastischer Körper, nicht der letztere als eine Folge der Prinzipien der Mechanik aufgefafst. „Die Materie ist heterogen, vielmehr in perpetueller Varietät, so dafs man nicht die kleinste Partikel in ihren Teilen gleichförmig findet,“ und sie ist ins Unendliche teilbar.[2] Durch diese Unbestimmtheiten bleibt Leibniz auf jenem Standpunkte der Korpuskulartheorie haften, wo dieselbe nur zu einer Veranschaulichung, aber zu keiner Ableitung von Naturgesetzen führen kann. Er erleichtert der Hypothesenbildung ihre Thätigkeit und wirkt in dieser Richtung am Verfall der Korpuskulartheorie mit. Und trotz seines Gegensatzes zu Newton fördert er doch selbst den Übergang zur Annahme fernwirkender Kräfte. Denn wenn das wirkende Prinzip der Materie im letzten Grunde ein inneres ist, so liegt der Gedanke sehr nahe, die Korpuskeln, von denen Newton nachgewiesen hatte, dafs sie sich so bewegen, als ob sie sich gegenseitig anziehen und abstofsen, wirklich dahin aufzufassen, dafs sie durch Kräfte aufeinander einwirken. Leibniz selbst hatte die dyna-

---

[1] S. *Ph. Schr.* II p. 58. — [2] *M. Schr.* II p. 155. Vgl. den Briefwechsel mit Hartsoeker.

mische Auffassung nur metaphysisch verwertet; sie auf das physische Geschehen zu übertragen, war ein natürlicher Schritt, sobald die Korpuskulartheorie zur kinetischen Erklärung sich ohnmächtig erwiesen hatte. Die formalen Atome schlagen unter dem Einflusse der sich ausbreitenden NEWTONschen Physik in physische um; und da die Monaden belebt sind, so werden es auch die physischen Atome; die Mechanik verliert sich auf der einen Seite in Dynamik, auf der andren in Hylozoismus.

Unter dem Einflusse von LEIBNIZ neigen sich in Frankreich BOSSUET und PELLISSON der Ansicht zu, dafs in der Materie aufser der Ausdehnung noch etwas Innerliches, eine Kraft zur Ausdehnung stecke.[1] In Italien, wo TOMMASO CORNELIO (1614—1684) den Cartesianismus eingeführt hatte, näherte PAOLO MATTIA DORIA denselben dem Platonismus,[2] und FARDELLA (1650—1718) gibt zu, dafs in der Materie noch aufser der Ausdehnung ein inneres Prinzip, eine Art einfache und unteilbare Kraft enthalten sei.[3] GIOVANNI BATTISTA VICO (1668—1744) endlich nimmt geradezu metaphysische Punkte an, die selbst unausgedehnt und unteilbar das Prinzip der Ausdehnung und Bewegung sind und die Fähigkeit dazu besitzen;[4] sie haben das Bestreben (conatus) aus dem Zustand der Ruhe in den der Bewegung überzugehen und wahrnehmbare Materie zu erzeugen.[5] Unter dem gleichzeitigen Einflusse von NEWTONS Centralkräften finden wir bei HERMANN BOERHAVE (1668—1738) die chemische Affinität auf eine „Freundschaft“ der Korpuskeln zurückgeführt[6] und bei JOH. ADAM MORASCH[7] eine ausgebildete hylozoistische Atomistik, physische Punkte, welche zum Teil Empfindung und den „ersten Aktus“ des Lebens besitzen. Doch diese Systeme, wie die belebten Korpuskeln MAUPERTUIS' und DIDEROTS gehören in die Geschichte der dynamischen und hylozoistischen Atomistik des 18. Jahrhunderts.

---

[1] BOUILLIER II p. 234, 235. — [2] A. a. O. p. 522, 523. — [3] A. a. O. p. 532.
[4] A. a. O. p. 543, 544. — [5] TAIT, *Materie*. Anhang I von FLINT. S. 291.
[6] *Elementa chemiae*, Lugd. Bat. 1732.
[7] *Philosophia atomistica* In Alma Elect. Univers. Ingolstadiensi Disputationi subjecta a JOH. AD. MORASCH. Ps. I seu *Metaphysica*, Ingolstadii 1727. Ps. II seu *Physica universalis*, 1731.

Vierter Abschnitt.

Der Verfall der Korpuskulartheorie.

1. Vermittelungen zwischen Scholastik und Atomistik.

Von der Mitte des 17. Jahrhunderts an finden wir die gesamte Physik korpuskulartheoretisch, nicht blofs bei denjenigen Gelehrten, welche als Anhänger von Descartes oder Gassendi bezeichnet werden können. Auch die auf scholastischem Boden stehenden, vielfach aus dem Klerus hervorgegangenen Physiker haben sich den korpuskularen Vorstellungen vollständig anbequemt, nur suchen sie nach Möglichkeit die scholastischen Formen aufrecht zu erhalten.

In dieser Hinsicht bot sich als bequemster Ausweg, den Namen der Materie zu übertragen auf den allgemeinen ausgedehnten Stoff, und als Formen die besondere Art der Verknüpfung zu bezeichnen, durch welche die Teilchen der Materie sich zu den Einzelkörpern zusammenschliefsen. Eines ziemlichen Ansehens unter diesen modernisierenden Versuchen erfreute sich die Physik des Jesuiten Honoré Fabri (Onorato Fabbri) (1606 bis 1688), welcher Aristoteles gegen Demokrit und die Araber in Schutz nehmen wollte, schon weil es „*Sanctus patriarcha noster Ignatius*“ so empfohlen hat.[1] Seine Erklärung der Kohäsion beruht indessen durchaus auf der gegenseitigen Verflechtung der mit Erhöhungen und Vertiefungen versehenen Teilchen, welche als heterogen und homogen unterschieden werden, ist also ganz korpuskular. Er sucht übrigens Aristoteles dadurch zu modernisieren, dafs er ihm aufser Materie, Form und ihrer Vereinigung noch eine gewisse vierte Substanz zuschreibt, ein erstes und allgemeines Subjekt, eine absolute und unveränderliche Entität, eigentliche Minima der Elemente, die jedoch, als jenseits aller Sinnlichkeit, nicht der physikalischen Betrachtung

[1] *Physica, i. e. scientia rerum corporearum, in X tractatus distributa.* Lugd. 1669. T. I. Auctor lectori p. IX.

unterliegen.[1] Infolgedessen sah er sich sogar genötigt, sich in einem Brief an den durch seinen Streit mit NEWTON bekannten Jesuiten IGNACE PARDIES (1636—1673) gegen den Vorwurf der Atomistik zu verteidigen.[2] — Erwähnt sei bei dieser Gelegenheit auch der Jesuit FRANCISCUS LINUS (1595—1675), welcher die Erhebung des Quecksilbers im Barometer durch unsichtbare *funiculi* erklären wollte (s. II S. 289).

Ein andrer als Mathematiker und Physiker bekannter Jesuit, CLAUDE FRANÇOIS MILLIET DESCHALES (1621—1678)[3] nimmt seine Erklärungen, woher es ihm gerade zusagt, aus aristotelischen Definitionen, aus inneren Prinzipien, mechanischen Ursachen und korpuskularen Hypothesen; er gibt gern jedem etwas zu und ist im ganzen sehr unklar. Er erkennt an, daſs auch die Luft schwer ist und die Elemente *in proprio loco* gravitieren; die dem *horror vacui* zugeschriebenen Erscheinungen sind nur aus der Schwere zu begründen.[4] Auch das Aufsteigen in den Kapillarröhren glaubt er nicht ohne die Gravitation der Luft erklären zu können. Die Luft, die wir atmen (die obere mag reiner sein), enthält allerlei fremde Körper (vapida et saepe villosa), daher sind ihre Teile nicht so flüssig, daſs sie nicht an Körpern adhärieren könnten. Infolgedessen wird ein Teil der Luft in der Kapillarröhre durch Adhäsion getragen und somit der Luftdruck vermindert, weshalb die Flüssigkeit aufsteigt. DESCHALES glaubt daher, daſs das Aufsteigen in einer längeren Röhre ein höheres sei.[5]

Ob alle Körper aus jeder beliebigen Entfernung gegen die Erde gravitieren, ist ungewiſs. Ein physikalischer Grund läſst sich nicht ausmachen, weshalb die schweren Körper sich nach dem Zentrum der Erde bewegen; nach Gründen der Schrift fällt Erd- und Weltmittelpunkt zusammen. Auch ob die Gra-

[1] S. STURM, *Phys. elect.* p. 39.

[2] S. LEIBNIZ, *M. Schr.* VI p. 81, 83. Auch muſste er wegen eines konziliatorischen Versuchs in Bezug auf COPPERNICUS eine Kirchenstrafe erdulden.

[3] R. P. CLAUDII FRANCISCI MILLIET DECHALES Camberiensis e soc. Jesu *Cursus seu mundus mathematicus.* 3 Tomi. (1. Ed. Lugduni 1674. Die Citate beziehen sich auf die 1. Ausgabe, für die *Hypothesis Cart. refutatio* jedoch auf die 2. Ausgabe (1690). Auf dem Titel beider Ausgaben sowie im Texte steht DECHALES, die richtige Schreibweise dürfte aber DESCHALES (DES CHALES) sein.

[4] A. a. O. p. 437—439; p. 212.

[5] A. a. O. p. 184 f.

vitation von einer anziehenden Kraft wie beim Magnet herrührt, läfst sich nicht entscheiden;[1] doch ist DESCHALES geneigt, die Schwere für einen inneren, sich selbst erzeugenden und vermehrenden Impetus zu halten.[2]

Mit der Korpuskulartheorie allein will DESCHALES nicht auskommen, aber sie auch nicht entbehren. „Diejenigen, welche die Qualitäten verwerfen und ihre Korpuskeln und feinen Spiritus überall einführen, glauben, sie hätten alle Schwierigkeiten gelöst, wenn sie einen oder den andern Vergleich oder eine Ähnlichkeit beibringen, wodurch sie ihre Meinung erläutern. Aber auch diejenigen, welche vor den Korpuskeln erschrecken, scheinen in ihren Ansichten ungerecht." DESCHALES nimmt daher mit den „Neueren" substanzielle Ausflüsse an. Die cartesische Hypothese vom Magneten findet er geistreich, lehnt sie aber ab, weil sie zuviel annimmt und keine Analogie in andern Wirkungen besitzt.[3] Der Magnet wirkt durch substanziale Fortpflanzung der Kräfte im Eisen oder in irgend einem Mittel.

Der cartesischen Hypothese über die Konstitution der Flüs-

[1] A. a. O. p. 434. „Ich gestehe frei, dafs mir alle attraktive Kraft schwieriger erscheint, wie jede andre; denn ich sehe nicht, durch welche unsichtbaren und unter keine Sinneswahrnehmung fallenden Fesseln so harte Körper verbunden sein sollten. Auch würde alsdann jeder schwere Körper im ausgedehnten Zustande schwerer angezogen werden müssen, weil die Zahl der Bänder gröfser wäre, welche seine Teile mit dem anziehenden Körper verbinden. Ich füge hinzu, die Beschleunigung ist leicht aus innern, schwer aus äufsern Prinzipien zu erklären." „Was eigentlich Gravitation ist, wage ich nicht zu definieren, aber sie ist etwas andres aufser der Bewegung; denn man fühlt ein schweres, ruhendes Gewicht auf der Hand; worin sich dies aber gründe, ist schwer zu sagen."

[2] A. a. O. p. 458. „Ich habe immer geglaubt, die Schwere sei ein Impetus. Ich glaube daher, dafs alle *Gravia*, auch wenn sie wegen eines widerstehenden Körpers nicht bewegt werden, nicht nur einen Impetus auf sich selbst, sondern auch auf den resistierenden Körper producieren. Und von diesem Impetus glaube ich, dafs er die aktuelle Schwere sei, kraft deren die schweren Körper den widerstehenden aus seinem Orte, um diesen einzunehmen, zu verdrängen streben. Findet jener Impetus Widerstand, so dafs er den Körper nicht bewegt, so wird er zerstört und ein neuer erzeugt; bewegt er dagegen den Körper und findet er keinen Widerstand, so wird er nicht zerstört, sondern vermehrt sich durch den neu erzeugten."

[3] A. a. O. p. 661.

sigkeit hat er eine besondere Widerlegung gewidmet,[1] um zu beweisen, dafs Flüssigkeit nicht in der Bewegung der Teile bestehe. Im Gegenteil müfsten Körper, deren Teile bewegt sind, nach allen möglichen Richtungen gröfseren Widerstand als ruhende leisten; auch kann eine solche Bewegung dem flüssigen Körper gar nicht erteilt werden, weil der sie ihm mitteilende Körper so verschiedenartige Bewegungen nur übertragen könnte, wenn er selbst in die kleinsten Teile zerteilt wäre. Ebensowenig könne er die Bewegung beibehalten, da seine Teilchen weich sind, und nur harte Körper beim Stofse nichts an Bewegung einbüfsen. Feste Körper berühren sich auch in der Ruhe und sind doch nicht vereinigt, also ist zur Verbindung der Körper noch etwas andres als die Ruhe nötig.[2] Hier kommt auch der bei Gelegenheit von REGIUS' Auffassung der Ruhe erwähnte Einwand vor, dafs die Ruhe sämtlicher Teile eines schweren Körpers oft leichter aufzuheben sei, als die eines einzelnen Teiles.[3] DESCHALES glaubt demnach feststellen zu müssen, dafs die Flüssigkeit einiger Körper in ihrer Teilung in die kleinsten Teile besteht, oder, da die Körper nicht aktuell ins Unendliche geteilt sein können, dafs sie wenigstens sehr leicht teilbar sind.[4] Auch die Lösung entsteht nicht durch Bewegung. Warum löst sonst Luft nicht Zucker auf? Sie entsteht vielmehr durch das Eindringen der Teilchen in die Poren wie in Kapillarröhren (in capillaribus tubis). Die Teilchen der festen Körper können gar nicht von den flüssigen bewegt werden, weil diese kleiner sind als jene. „Ich gestehe allerdings, dafs einige flüssige Körper eine gewisse Bewegung in sich haben, jedoch nicht eine solche, in welcher ihre Flüssigkeit *formaliter* besteht, die ja zur Teilung der Körper nicht geeignet wäre, sondern eine andre, nicht von aufsen mitgeteilte, vielmehr aus innern Prinzipien jener Körper entstandene und erhaltene. Daher wird, sobald die Körper sich gegenseitig treffen und diese Bewegung nach aufsen gestofsen wird, sie kontinuierlich von innen ersetzt werden können. Die Bewegung entsteht gewöhnlich von den beigefügten Salzen, die,

---

[1] *Hypothesis Cartesianae Refutatio.* Dieselbe findet sich nur in der zweiten Auflage des *Cursus*, Lugd. 1690 (edit. II p. R. P. AMATI VARCIN). ROSENBERGER hat dies übersehen, da er nach FISCHER über DESCHALES berichtet, aber nur die erste Aufl. citiert.

[2] 2. Ed. p. 688. — [3] 2. Ed. p. 681. — [4] A. a. O. p. 681.

von der Flüssigkeit geteilt, die Kraft sich zu bewegen empfangen. Zum Beginn der Bewegung genügt die Wegräumung der Hindernisse." Diese Hypothese erkläre besser alle Phänomene der Lösung als die Annahme, dafs die Fluidität in der Bewegung bestehe. Es erhelle daraus, warum manche Flüssigkeiten auf bestimmte Körper wirken, andre nicht. Die Sättigung und die Auflösung verschiedener Salze begründet Deschales wie Gassendi. Bei der Kristallisation fügen sich die Teile dicht aneinander und bilden wieder die ihrer Natur eigentümlichen Figuren.

Ähnliche eklektische Zwecke wie Fabri verfolgt der Jesuit Francesco Terzi de Lana (1631—1687), bekannt durch seine Vorschläge zur Luftschiffahrt mittels evacuierter Kupferkugeln. Er will aus allen Systemen das Beste auswählen, meist aber dem Aristoteles folgen. Auch weifs er ein *Perpetuum mobile* anzugeben.[1]

Im Einzelnen ebenfalls durchaus korpuskular sind die physikalischen Erklärungen des Jesuiten Paolo Casati (1617—1707), welcher den Übertritt der Königin Christine von Schweden zum Katholizismus bewirkte. Aber seine allgemeine Auffassung der Natur ist dabei vollständig scholastisch, so dafs er sogar die Schwere der Luft leugnet. Über das Feuer stellt er die seltsame Ansicht auf, dafs es das schwerste und unterste Element sei.[2]

Durch seine korpuskulare Auffassung des Lichtes vermag der um die Optik verdiente Minoritenpater Emanuel Maignan (1601—1676) bereits 1648 in seinem weitläufigen optischen Werke[3] eine sehr befriedigende Erklärung der Lichtbrechung zu geben. Das Licht beruht nach ihm auf einem sehr feinen, körperlichen Effluvium des leuchtenden Körpers, welches sich mit sehr grofser, aber endlicher Geschwindigkeit durch die

[1] P. Francisci Tertii de Lanis, S. J. *Magisterium naturae et artis, opus Physico-Mathematicum*, Bresciae 1684. Vgl. *Acta erud.*, 1685 p. 31. u. 1693, p. 145 ff.

[2] *De igne dissertationes physicae*, Venetiis 1686. S. *Acta erud.*, 1686 p. 413.

[3] *Perspectiva horaria sive de horographia gnomonica tum theoretica, tum practica libri quatuor.* Romae 1648. Das Werk trägt auf dem Titel aufser einer Reihe anderer Zusätze auch den folgenden: Lux quoque secundum propriam naturam sumpta suas ibi habet partes, ubi e principiis ejus physicis ratio redditur reflexionum, ac refractionum ejusdem.

durchsichtigen Körper fortbewegt, indem es sich seinen Weg durch die Poren derselben bricht, welche es dazu geeignet findet.[1] Es besteht aus Teilchen, welche sich unter gleichen Umständen mit gleicher Geschwindigkeit neben- und hintereinander fortbewegen, so daſs die Teilchen an der Front des Strahles und auf jedem dazu parallelen Querschnitt sich gleichsam wie unter einem gemeinsamen Joche befinden, und zwar so, daſs ihre Verbindungslinie immer senkrecht steht auf der Fortpflanzungsrichtung des Strahles. Kommt nun diese Querlinie schief an die Grenze zweier Mittel, so muſs eine Drehung derselben stattfinden, weil die Teilchen an dem einen Ende noch mit der gleichen Geschwindigkeit sich bewegen, am andren Ende aber in dem neuen Mittel mit geringerer Geschwindigkeit. Es tritt daher dasselbe ein, was man an einer Axe beobachtet, die sich auf zwei gleichen Rädern fortbewegt; sobald beide Räder sich gleich schnell drehen, schreitet sie geradlinig und senkrecht zu ihrer Lage fort; wird aber die Drehung des einen Rades durch ein Hindernis verzögert, so kommt das schnellere Rad voran und die Richtung ändert sich.[2] Während des Überganges beschreibt der Strahl eine Krümmung, indem sich die äuſsere, im dünneren Mittel befindliche Seite stärker verschiebt als die innere. — Wie man sieht, unterscheidet sich diese sinnreiche Erklärung von derjenigen der Brechung einer ebenen Welle in der Undulationstheorie natürlich dadurch, daſs die Grenze des Mittels nicht als Ausgangspunkt neuer Wellen angesehen werden kann, aber sie enthält ganz den noch heute zur populären Veranschaulichung der Brechung benützten Gedanken. Das wesentliche Verdienst dieser Erklärung liegt darin, daſs die Brechung auf die Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zurückgeführt wird.

In seinem philosophischen Hauptwerke[3] vertritt MAIGNAN eine qualitative Atomistik. Er nimmt an, daſs es ausgedehnte, physische Unteilbare oder physische Minima als Grenzen der

[1] A. a. O. p. 619, 620, 626. — [2] A. a. O. p. 628, 632.

[3] R. P. EMANUELIS MAIGNAN Tolosatis Ord. Minimorum Philos. ac sacrae Theologiae professoris. *Cursus Philosophicus* Recognitus et auctior. Concinnatus ex notissimis cuique principiis ac praesertim quoad res physicas instauratas ex lege naturae sensatis experimentis passim comprobata. Lugduni 1673. Fol. Die Vorrede ist vom 20. Juni 1672.

Kleinheit gibt, verwirft dagegen die mathematischen, nicht ausgedehnten Unteilbaren (indivisibilia). Diese Atome bilden das Kontinuum durch bloſse Aneinanderlagerung als physische Punkte. Das Kontinuum hat also auch schon vor der Teilung *actu* voneinander unterschiedene Teile, welche zwar kontinuiert, aber doch distinkt sind; nichtsdestoweniger ist das Kontinuum Eins. Die Teile sind nicht nur mathematische, sondern physische, unteilbare Punkte von bestimmter Ausdehnung. Der Punkt entspricht der Einheit, aber Zahl und Linie wachsen durch Zufügung des Punktes nur im Geiste des Zählenden, nicht physisch. Um von den ausdehnungslosen mathematischen die physischen Indivisibeln zu unterscheiden, nennt er sie physische Punkte, andre nennen sie Atome oder physische Minima. Sie sind von Gott geschaffen. Obwohl materiell, besitzen sie keine Teile, sondern sind einfach, *primordia seu radices*. Sie erfüllen ihren Raum ganz und behalten immer dasselbe Volumen, obwohl sie ihre Gestalt ändern können (§ 7). Die mathematische unendliche Teilbarkeit des Kontinuums wird zugegeben; physisch sind jedoch Minima anzunehmen, um den unendlichen Prozeſs zu vermeiden.

Die Verbindung der Indivisibeln in der aktuellen Zusammensetzung des Kontinuums findet nicht durch das Band einer gewissen modalen Vereinigung (unio modalis) statt, sondern durch ihre eigene Verknüpfung. Eine *unio modalis*, d. h. eine *forma diminutae entitatis*, wodurch zwei Dinge zu einem verbunden werden, gibt es nicht; sie wäre gleichbedeutend mit Durchdringung. Die Minima haben vielmehr solche Gestalt, daſs sie leicht aneinander hängen können, etwa durch Häkchen. Er hat seine Gänsefeder unter dem Mikroskop betrachtet und gefunden, daſs die Natur zum Aneinanderfügen sich nicht der *unio modalis*, sondern der Häkchen bedient hat. Je nachdem die Minima mehr oder weniger fest aneinanderhängen, ist der Körper hart oder weich. Voneinandergerissen können sie sich wegen ihrer zu groſsen Starrheit oft nicht selbst wieder aneinander fügen; bei den Metallen ist dies z. B. erst mit Hilfe des Feuers wieder möglich. In allen Körpern gibt es Poren.[1]

[1] A. a. O. p. 211—226.

In dem Anhange über die physischen Minima will Maignan dem Verdachte vorbeugen, dafs er in die Fehler Epikurs und die Zufälligkeit seiner Welt verfallen sei. Die Einwürfe, welche Franc. Maria Grimaldi gegen die Atomisten erhoben hat, weil es auch Eigenschaften gäbe, die nicht in Figur und Anordnung der Atome beständen, könnten ihn nicht treffen, da er in den Atomen eine Natur, d. h. ein Prinzip der Bewegung und Ruhe annehme, das in ihnen selbst liegt. Seine Atome seien Korpuskeln, sie haben dieselben Eigenschaften wie die Körper und sind von derselben Natur, sie sind das Prinzip sich selbst zu bewegen, ohne das sie ja nicht das Kompositum bewegen könnten. Ihre Verschiedenheit bestimmt die Verschiedenheit der Körper.[1]

Grofse Skrupel macht ihm der Einwand von Theophilus Raynaudus (1583—1663),[2] dafs die Materialität und Körperlichkeit der unteilbaren Engel mit ausgedehnten Punkten nicht vereinbar sei, und er widmet demselben unter Berufung auf Thomas und Cajetan eine längere Rechtfertigung.[3]

Der physische Körper ist nach Maignan Substanz, welche zugleich Ausdehnung und ein inneres Prinzip der ihr eigentümlichen Bewegung oder Ruhe besitzt.[4] Die cartesische Philosophie erklärt er für sehr berühmt und fein ausgedacht, sie sei aber nicht wahr, namentlich bekämpft er die Wirbeltheorie.[5]

Die Elemente bestehen aus homogenen Teilen und sind physisch ingenerabel und inkorruptibel.[6] In den Mischungen sind sie *formaliter* als Bestandteile.[7]

Auf eine qualitative Korpuskulartheorie kommt auch die vollständig synkretistische Physik Jean Baptiste du Hamels (1624—1706) zurück, der im Gegensatz zu Descartes und Gassendi zum Teil mit Benutzung platonischer Elemente aus den verschiedensten Hypothesen seine Auswahl trifft.[8] Er gibt zwar zu, dafs die Hypothesen der mechanischen Naturphilo-

---

[1] A. a. O. p. 590, 591. — [2] *Theologia naturalis.* Lugduni 1622.
[3] *Cursus philos.* p. 591 f. — [4] A. a. O. p. 595. — [5] A. a. O. p. 634—718.
[6] A. a. O. p. 328. — [7] A. a. O. p. 334.
[8] Von seinen Schriften erwähnen wir: *De consensu veteris et novae philosophiae* 1663. *De corporum affectionibus* 1670. *Philosophia vetus et nova ad usum scholae accommodata* 1678. *Opera* Norimb. 1681. Wir berichten nach Brucker IV, 761 f. und J. Chr. Sturm, *Phys. elect.* p. 40 u. a.

sophen von der ausgedehnten und undurchdringlichen Substanz vieles enthalten, was kaum widerlegbar sei, meint jedoch, dafs man die Gleichartigkeit der allgemeinen Materie nicht zugeben dürfe, sondern dafs die elementaren Korpuskeln auch nach Art und Natur, nicht blofs nach Gestalt und Bewegung, also qualitativ verschieden sein müfsten, weil sich sonst die unglaubliche Mannigfaltigkeit der Dinge daraus nicht ergäbe. Er will zwischen der unendlichen Verschiedenartigkeit der anaxagorischen Elemente und den homogenen Partikeln des Descartes und Gassendi einen Mittelweg einschlagen und eine Vielfältigkeit der Elementarkorpuskeln annehmen. Namentlich sei es nicht denkbar, dafs die Komplikation der organischen Körper allein aus Bewegungsgesetzen sich erklären liefse. Ein derartiger Synkretismus fand vielfach grofsen Beifall und kam namentlich den theologischen Kreisen sehr genehm.

Den Namen „peripatetische Atome" legt der Kapuzinerprediger Casimir von Toulouse geradezu den von ihm angenommenen Grundbestandteilen der Materie bei. Er wendet sich entschieden gegen die scholastischen Begriffsspaltereien und die substanziellen Formen, rühmt sich aber, seine Philosophie der peripatetischen angepafst zu haben, indem er alle seine Gründe und Gegengründe unter den üblichen Formen der Schule vorbringt. Von den Atomen und dem Raume lehrt er, dafs sie nur mathematische Ausdehnung besitzen, während die physische Ausdehnung erst der Verflechtung der Atome zukommt. Bei ihm wie bei fast allen seinen theologischen Zeitgenossen spielt die Frage nach der Lokalisation der Engel eine Rolle; Casimir beruft sich zum Vergleich für die Möglichkeit der Atome darauf, dafs die Engel ausgedehnt und doch physisch unteilbar sind.[1]

Wenn man aufser den leitenden Grundgedanken, welche Leibniz[2] zur Monadologie führten, nach äufseren Einflüssen auf seine Entwickelung sucht, wird man sicher jene Umgestaltungen

[1] *Atomi Peripateticae, sive tum veterum tum recentiorum Atomistarum placita ad Neotericae* Peripateticae *scholae methodum redacta* a R. P. Casimiro Tolosate Capucino. In sex Tom. distributa. Beziers 1674. S. *Journal des sçavans* 1676. p. 83 f.

[2] Vgl. u. a. die Erwähnung der Scholastiker Albertus M. u. Baconthorp († 1346) *Phil. Schr.* IV p. 479.

der Korpuskulartheorie in einen qualitativen oder einen peripatetischen Atomismus durch die eben genannten, bisher nicht beachteten Schriftsteller eher in Betracht ziehen dürfen, als den Hylozoismus eines WILLIS oder GLISSON. Wir haben hier namentlich darauf hinzuweisen, wie sich in jenen Versuchen die Korpuskulartheorie wieder von der mechanischen Auffassung trennt. Es sind offenbar sowohl anaxagorische als platonische Vorstellungen, welche die Atomistik ebenso wieder mit ARISTOTELES versöhnen sollen, wie sie bei der Erneuerung derselben dazu dienten, von ARISTOTELES zur Korpuskulartheorie überzuführen.

2. Wolferd Senguerd.

Besonnener und mehr von DESCARTES abhängig ist der Eklekticismus, welchen WOLFERD SENGUERD (1646—1724) vertritt, bekannt als Erfinder der Luftpumpe mit doppelt durchbohrtem Hahne. Er lehrt,[1] daſs die Veränderungen in der Natur nicht auf einem einzigen Prinzip oder essentiellen Attribut beruhen können, welches das Wesen der partikulären Körper ausmache, sondern daſs hierzu eine zusammengesetzte Essenz gehöre, die von mehreren Teilen abhänge.[2] Es sind drei solcher Prinzipien anzunehmen: *causa efficiens*, *materia* und *forma*,[3] während *privatio* und *finis* als Prinzipien auszuschlieſsen sind, zumal die Zwecke uns unbekannt bleiben. Die Materie hat ihre Essenz lediglich in der Ausdehnung, sie ist an sich ausgedehnte Substanz.[4]

[1] WOLFERDI SENGUERDII, A. F. in Acad. Lugd.-Bat. Philosophiae Professoris *Philosophia naturalis*, quatuor partibus primarias corporum species, affectiones, differentias, productiones, mutationes et interitus exhibens. Ed. secunda, priore auctior. Lugd.-Bat. 1688. Die erste Auflage erschien 1681.

[2] A. a. O. p. 5.

[3] Die Prinzipien sind nämlich: 1. eine wirkende erste Ursache, da alle Veränderungen eine solche erfordern; 2. ein erstes Subjekt, das nur durch die Aktion des wirkenden Prinzips die Verschiedenheit der Körper hervorruft, abstrakt betrachtet aber allen gemeinsam ist; 3. ein spezifisches Prinzip zur Bestimmung der besonderen Wirkungen des allgemeinen Prinzips. Das zweite ist ein konstitutives Prinzip, welches die allgemeine Essenz gibt und die Aktion des wirkenden Prinzips aufnimmt, das dritte ist ein effektives Prinzip, das die spezifische Natur der allgemeinen Essenz hinzufügt. Ersteres kann als Materie, letzteres als Form bezeichnet werden.

[4] A. a. O. p. 12.

Hieraus folgen als Attribute die Endlichkeit sowohl der Teile als der Gesamtausdehnung der Materie. Ferner folgt daraus die Undurchdringlichkeit und die Teilbarkeit ins Unbestimmte (in indefinitum). *Actu* unendliche Teile der Materie sind nicht möglich. Die Materie ist ingenerabel und inkorruptibel, jedoch nicht ewig; Neuerschaffung von Materie ist möglich. Formen, Modi und Accidentien kann die Materie ins Unbestimmbare aufnehmen. Verdünnung und Verdichtung an sich kann nicht stattfinden, sondern immer nur durch den Eintritt oder Austritt sehr feiner, den Sinnen nicht wahrnehmbarer, körperlicher und ausgedehnter, heterogener Teile mittels der Poren der Körper.[1] Ein Vacuum ist übrigens nicht ausgeschlossen; denn der Raum besitzt keine Realität, sondern bezeichnet nur die Fähigkeit, erfüllt zu werden, ist also nicht mit den Körpern identisch.[2]

Die Verbindung mit der Form ist die *conditio sine qua non* der Information. Immaterielle Formen, die nicht wie die materiellen von der Materie abhängig sind, ebenso wie substanzielle Formen gehören nicht in die Physik, sondern nur die accidentiellen; sie zerfallen wieder in essentiale und accidentale; diese sind Modifikationen der Materie.[3]

Bewegung ist die bewirkende Ursache der Veränderungen und Formen. Sie ist etwas Singuläres und Absolutes, nicht respektiv und reciprok, aber ein der Materie inhärentes Accidens. Das Subjekt der Bewegung ist die formierte singuläre Materie. Man bezeichnet die Bewegung besser als Übertragung von Raum zu Raum statt von Ort zu Ort, denn der Raum wird erst durch die Gegenwart des Körpers zum Ort. Sie wird von aufsen übertragen und entspringt nicht durch sich selbst.[4]

Gott ist die erste wirkende und erhaltende Ursache. Es ist wahrscheinlich, dafs Gott die Bewegung konstant erhält, aber nicht völlig gewifs und folgt nicht notwendig aus der Konstanz der Materie.[5]

An der Bewegung ist zu unterscheiden die *Vis movendi*, in demjenigen, was bewegt, der *Impetus*, der durch die Kraft in dem, was bewegt wird, imprimiert wird, und die Trans-

---

[1] A. a. O. p. 19. — [2] p. 153. — [3] p. 22—27. — [4] p. 27—36. — [5] p. 36 f.

lation als die Wirkung des Impetus; ferner zwischen derselben Bewegung der Art nach (an verschiedenen Subjekten), und derselben Bewegung der Zahl nach; der Zahl nach ist die Bewegung dieselbe, welche nicht als verschiedene gezählt werden kann. Der Zahl nach bleibt die Kraft ein und dieselbe in Gott, im Universum jedoch nur der Art nach, da sie hier nicht immer in denselben Subjekten bleibt. Dasselbe gilt von der Bewegung; der Zahl nach wandert dieselbe nicht von Subjekt zu Subjekt.[1]

Zur Mitteilung der Bewegung sind notwendig: Berührung, ein gewisser Widerstand und hinreichende Kraft und Impuls zur Überwindung desselben. Die Körper werden zurückgeworfen, wenn der getroffene — auch der ruhende — Körper stärker widersteht, als der Kraft des treffenden entspricht. Von einem schwächeren oder gleichen Körper kann kein andrer bewegt werden. Die Gleichheit ist nicht allein aus der Gröfse des Volumens (molis), sondern aus dieser, der Widerstandskraft und der Bewegung zusammen zu bestimmen. Bei gleichem Volumen sind die Körper als gleich anzusehen, falls sie gleiche Grade der Bewegung besitzen, oder der bewegte so grofse Bewegung, als der ruhende Widerstand hat. Bei ungleichen ist die Gröfse aus dem Produkt des Volumens und der Geschwindigkeit zu schätzen. Jeder Körper teilt dem andren soviel Bewegung mit, als er verliert; die Übertragung kann jedoch in der Natur nicht genau bestimmt werden, weil die Körper keine vollkommene Härte besitzen.[2] Die Ruhe ist nichts Reelles und Positives und erfordert keine besondere Kraft.[3]

Schwere ist ein der Materie von Gott erteilter inhärenter Impetus.[4] Der leichteste Körper ist der die himmlischen Räume erfüllende Äther, welcher aus den feinsten, sehr leicht beweglichen, verschiedenartig gestalteten, überwiegend kugelförmigen Partikeln besteht.[5]

Die Qualitäten resultieren aus der Mannigfaltigkeit der Bewegungen, bestehen jedoch auch *extra mentem* in den Körpern. Verborgene Qualitäten gibt es nur relativ für unsre Erkenntnis.[6] Die Eigenschaften der Körper werden korpuskular erklärt. Das Licht beruht auf der Emission runder Partikeln.

---

[1] p. 39. — [2] p. 42 f. — [3] p. 104. — [4] p. 76. — [5] p. 191 f. — [6] p. 105.

Die Farben hängen von der Disposition der Oberfläche der Körper, ihren Poren etc. ab.

Der Zustand der Fluidität erfordert verschiedenartige Bewegung und Kleinheit der Teilchen.[1] Die Härte hat ihre Ursache nicht in der Ruhe der Teile, ihre erste Ursache auch nicht in der Verflechtung derselben, auch nicht im Druck eines umgebenden Mittels, sei es die Luft oder der Äther, sondern sie beruht auf dem allgemeinen Naturgesetz, dafs ein Ding in dem Zustande beharrt, in welchem es sich befindet, dafs also, was verbunden ist, vereint bleibt. Je gröfser nun die Berührungsfläche der benachbarten Teilchen ist, um so mehr ist die Störung des Zustandes, die Nachfolge andrer Körper erschwert; darum hängt die Kohäsion in zweiter Linie von der unmittelbaren Kontinuität und der Gröfse der Berührungsflächen benachbarter Körper ab. Weiche Körper haben Teilchen, die sich in geringer Oberfläche berühren.[2]

Die Kälte besteht in der gradlinigen Bewegung kleiner Teilchen, aber nicht runder, wie beim Licht, sondern oblonger und starrer; die Wärme in der verschiedenartigen Bewegung, die den kleinsten Teilchen innewohnt.[3]

Wie man sieht, gehört WOLFERD SENGUERD zu jenen Gelehrten, die zwar die aristotelischen Schulbegriffe zu modernisieren streben, thatsächlich aber gegenüber den grofsen Bahnbrechern der mechanischen Naturerklärung einen Rückschritt veranlassen, indem die Verschmelzung mit den logischen Begriffsbestimmungen sie bei ihren mechanischen Begriffen in Unklarheiten verwickelt. Dies zeigt sich besonders in SENGUERDS Bewegungslehre, die wesentlich darunter leidet, dafs die Bewegung als ein inhärentes Accidens des Körpers aufgefafst wird und nun den logischen Bestimmungen über Substanz und Accidens unterliegen soll; er kommt infolgedessen trotz aller scharfsinnigen Unterscheidungen zu keinen anwendbaren und erfolgreichen Gesetzen der Mitteilung der Bewegung und verliert sich in die von DESCARTES überwundenen Spekulationen, während es doch gerade darauf ankam, alle jene auf Substanz und Accidens zurückgehenden Überlegungen in Bezug auf die Bewegung fallen zu lassen, um an Stelle derselben mit einem

[1] p. 90. — [2] p. 125—130. — [3] p. 148, 149.

neuen Denkmittel die neuen Begriffe zu bewältigen. Wir sehen gerade hier, wie schwer es offenbar scharfsinnigen Denkern wurde, sich von Aristoteles zu emanzipieren, obwohl sie die Vorteile, welche die Korpuskulartheorie der Naturerklärung bot, sich voll zu nutze zu machen bestrebt waren.

3. Weitere atomistische Hypothesen.

Unter dem Einflusse Gassendis fand die Zersetzung der Korpuskulartheorie nach einer Seite hin statt, welche einer mechanischen Theorie der Materie nicht weniger gefährlich war, als die Neigung zum Peripatetismus, weil sie sich nämlich mit der platonisierenden Richtung desselben in gewisser Hinsicht berührt. Es handelt sich um das Bestreben, zu punktuellen Atomen überzugehen. Dabei verliert sich der Wert der gassendischen Atomistik, welcher im Begriffe der substanziellen Solidität liegt, und es eröffnet sich neben der physikalischen auch noch der metaphysischen Hypothese ein weiter Spielplatz.

Schon der durchaus auf scholastischem Standpunkte stehende Jesuit Rodericus de Arriaga [1] aus Castilien (1592—1667) mag nicht unbeeinflufst vom Geiste des atomistischen Jahrhunderts gewesen sein, als er bei seiner eingehenden Untersuchung der Frage nach dem Kontinuum zu dem Resultate kam, in demselben nicht nur unendlich viele *actu* unterschiedene Indivisiblen anzunehmen („möge man sie nun *partes* oder *Blictri* nennen"), [2] sondern auch die Bewegung, sowie die Zunahme und Veränderung als diskontinuierlich zu erklären. Ganz wie die Mutakallimun und Gassendi führt er die verschiedenen Grade der Geschwindigkeit auf die Einstreuung von Ruhepausen (morulae) zurück. [3] Er wurde von Petrus de Villemandy des Pyrrhonismus beschuldigt. [4]

Als Vertreter der Ansicht, dafs die Atome die kleinsten

---

[1] R. P. Roderici de Arriaga Hispani Lucroniensis e S. J. etc. *Cursus philosophicus*. Lugduni 1669. Die erste Ausgabe erschien 1632.

[2] A. a. O. p. 556 ff. — [3] A. a. O. p. 587, 628.

[4] *Scepticism. debell.* c. II, p. 13, nach Bayle, *Dict.* I p. 353. Als eines Beitrages zur Frage nach d. Kontinuum sei hier auch des Werkes gedacht: W. Langii *De Veritatibus geometricis libri II. Prior contra Scepticos et Sextum Empiricum etc. Posterior contra M. Meibomium.* Hafniae 1656.

Elemente der Dinge sind, so klein, dafs sie der Teilung nicht fähig, nennen wir JOHANNES PHOCYLIDES HOLWARDA[1] (Arzt zu Franeker, 1618—1651). Seine Atome sind nicht mathematische Punkte, sondern richtige Korpuskeln (corpuscula vera), welche ihre Dimensionen und Vermögen (virtualitates) besitzen.[2] Die Bewegung stammt vom Schöpfer, die verschiedenen Wirkungen von den Gestalten der Atome, auch diejenigen, welche man Sympathien und Antipathien nennt.[3] Die Formen bestehen in der feinsten und unsagbar reinsten Contextur der Atome.[4] Ein Vacuum ist vorhanden.[5]

In England war die gassendische Philosophie durch WALTER CHARLETON eingeführt worden in einem Werke,[6] von welchem jedoch nur der erste, die allgemeine Physik behandelnde Teil erschien.[7]

Wirkliche reelle mathematische Punkte nahm DAVID DERODON (DE RODON) († 1664) in seiner *Physica contracta* an,[8] ebenso der Genfer Professor der Philosophie CASPAR WYSS (1633—1668) in seinem 1669 erschienenen *Cursus philosophicus, logicus, physicus.*[9] In demselben Jahre erschien ein kleines Büchlein des Freiherrn FRANZ WILHELM VON NULANDT,[10] welcher sich in der Vorrede entschuldigt, dafs er das Waffenhandwerk mit der Feder vertauscht, um gegen DESCARTES ins Feld zu ziehen.[11] Das Wert-

---

[1] *Philosophia naturalis, seu physica vetus-nova.* Ex optimis quibusque Autoribus antiquis pariter et Neotericis deducta, Propriisque Speculationibus et Inventis aucta et Illustrata, Ab Eximio Viro, JOH. PHOCYLIDE HOLWARDA L. A. M. Med. Doct. et Philosophiae, dum viveret, Profess. Ordinario. Franekerae 1651. 8.

[2] A. a. O. p. 8. — [3] p. 16. — [4] p. 123. — [5] p. 27.

[6] *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletonia or a fabrick of science natural upon the hypothesis of atoms.* London 1654. Fol.

[7] BRUCKER, T. IV p. 530, 531. MORHOF, II p. 183.

[8] *Opera philosophica,* Genevae 1659. Vgl. STURM, *Phys. elect.* I p. 32. MORHOF II p. 287.

[9] STURM, *Phys. conciliatrix,* Norimb. 1687. p. 26. *Phys. elect.* I p. 32.

[10] Nicht: NULAND, NUELAND, NYLANDT.

[11] *Elementa physica, sive Nova philosophiae principia,* ubi Cartesianorum Principiorum falsitas ostenditur ipsiusque errores ac Paralogismi ad oculum demonstrantur. A FRANCISCO WILHELMO Libero Barone DE NULANDT Ordinis Sancti Joannis Hyerosolimitani Equite, Commendatario in Rotweil, Insulae Gaulitanae Proprincipe, Regiae Majestatis Hispaniarum nec non Serenissimi Electoris Brandeburgici Vice Tribuno, Domino in Winterberg, etc. Hagae Comitis 1669. Vgl. auch *Philos. Trans.* 1670 p. 2007 ff. REIMAN, *Hist. litt.* MORHOF II p. 258.

vollste an dem Buche ist ein sonst nicht veröffentlichter Brief von Huygens, datiert von Paris am 26. April 1669, welcher sich hinter der Vorrede abgedruckt findet und in welchem Huygens sagt, er habe immer angenommen, daſs das, was er unter dem Leeren verstehe, dasselbe sei, wovon Descartes behauptet, es sei Körper. Nach Nulandt ist die Welt aus nichts durch Gott entstanden. Das Endliche sei nämlich die mittlere Proportionale zwischen dem Nichts und dem Unendlichen, was Nulandt durch mathematische Beispiele zu belegen sucht, indem er das Quadrat auffaſst als mittlere Proportionale aus dem Punkt und der unendlichen Geraden.[1] Das Nichts und das Unendliche sind relativ, so daſs ein und dasselbe Ding im Vergleich zu dem Einen nichts, im Vergleich zu dem Andern unendlich sein kann.[2] Die Körper sind aus dem Nichts, d. h. aus den mathematischen Punkten des Vacuums entstanden, indem diese durch eine gewisse Gewalt (nämlich durch Gott)[3] in denselben Raum gedrängt wurden. Dadurch verdichteten sie sich zu physischen Punkten, zu Atomen von bestimmter Gestalt. Diese bilden die physischen Körper, die daher unendlichmal dichter, härter und fester sind als das Vacuum, obgleich sie nicht mehr Raum enthalten.[4] Die Atome sind im höchsten Grade dicht, hart und undurchdringlich, aber zugleich elastisch.[5] Wo die Atome sich berühren, wachsen sie durch diese unmittelbare Berührung in einen Körper zusammen. Wenn sie sich in ganzen Flächen berühren, so sind die Körper hart, und um so weicher und zerreiblicher, je zierlicher die Berührungsflächen sind. Berühren sich die physischen Punkte nur in Punkten oder Linien, so entsteht ein flüssiger Körper.[6] Der Raum, in welchem die Bewegung vor sich geht, ist unbeweglich, die Ruhe eine unendlich langsame Bewegung.[7] Nulandt stellt auch Descartes gegenüber Bewegungsgesetze auf und schmeichelt sich mit der Hoffnung, daſs sie mit den von Huygens veröffentlichten, aber ihm noch nicht bekannt gewordenen übereinstimmen. Huygens

---

Tschirnhausen, *Medicina mentis*, Lips. 1695, p. 177. — Das Buch ist 1669 erschienen, nicht 1667, wie Baltzer (*Spinoza* S. 33) angibt, wonach die dort ausgesprochenen Vermutungen zu modifizieren sein dürften.

[1] *Elem. phys.* p. 8—13. — [2] p. 15, 16. — [3] p. 64. — [4] p. 31. — [5] p. 32. [6] p. 54. — [7] p. 66, 68.

wird freilich von denselben sowie von der Nulandtschen Schrift nicht sehr erbaut gewesen sein, und es läfst sich begreifen, dafs der Briefwechsel mit Huygens nunmehr aufhörte.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit der Nulandtschen Kompression der mathematischen Punkte zeigt die punktuelle Atomistik von D. de Stair,[1] Rat Karl II. von England. Er kritisiert die peripatetischen, cartesischen und atomistischen Hypothesen und erklärt es für das Richtige, zwischen den letzteren „den Mittelweg“ einzuschlagen. Nach seiner Ansicht bestand der erste und einfachste Zustand (das Chaos), in welchem die Masse der Materie von Gott geschaffen wurde, in unteilbaren, punktuellen Substanzen ohne jede Kohäsion der Teile (p. 41). Das Wesen der Materie besteht nicht in der Ausdehnung, sondern in der Undurchdringlichkeit, wodurch die Teile der Materie sich gegenseitig von demselben Orte ausschliefsen (p. 48). Die erste Veränderung, welche Gott bei der Schöpfung der Materie zu teil werden liefs, war der Druck der Teile gegen das gemeinsame Zentrum, wodurch einige der Indivisibeln zu Korpuskeln vereint wurden. Die Gestalt der Korpuskeln ergab sich dabei derart, dafs sie sich in einigen nach Lage der Teile ändern kann, in andern dagegen unveränderlich ist: letztere sind die einfachsten Korpuskeln und konstitutiven Körper aller konkreten Dinge; sie sind so klein, dafs sie nur durch das Denken percipiert werden können, ihre grofse Menge jedoch läfst sie sinnlich wahrnehmbar werden (p. 49). Der gröfste Teil der Welt hat übrigens weder Vereinigung noch Gestalt (p. 28).

Jede Druckkraft ist etwas Einfaches und Beharrendes in jedem Teilchen der Materie, dem sie Gott mitgeteilt hat, und kann durch keine Kraft der Natur von diesem Teil der Materie getrennt oder an einen andern übertragen werden (p. 55). Sie erhält sich als ein innerer Druck oder Conatus zur Bewegung in einer einzigen, für jedes Teilchen bestimmten Richtung, so lange die Bewegung selbst gehemmt wird (p. 22, 23). Ebenso

[1] *Physiologia nova experimentalis* in qua generales notiones Aristotelis, Epicuri, et Cartesii supplentur: errores deteguntur: atque clarae distinctae et speciales causae praecipuorum experimentorum, aliorumque phaenomenon naturalium, aperiuntur. Ex evidentibus principiis, quae nemo antehac perspexit et prosecutus est. Lugd.-Bat. 1686. Das Buch erschien zuerst englisch, die Vorrede ist vom 11. April 1681 datiert.

erhält sich die bestimmte Anzahl der Korpuskeln des Äthers, des Feuers und jedes einfachen Körpers, wie sie Gott im Anfang aus den Punkten zur Vereinigung gebracht hat (p. 56). Das Wesen des Körpers besteht darin, daſs er Ausdehnung (partes extra partes) nach drei Dimensionen hat. Zur Wirksamkeit der Körper sind substanzielle Formen nicht erforderlich. Die Quantität ist in der Essenz und Idee des Körpers enthalten und wird nicht auſserdem hinzugefügt (p. 59, 61). Die unbewuſste Materie wirkt nur durch ihre innerlichen, ihr von Gott bei der Schöpfung frei erteilten bewegenden Kräfte, aber immer gleichförmig in derselben Weise; alle Bewegungen der unbelebten Materie sind hieraus abzuleiten (p. 61, 82). Wo es sich jedoch um mit den Umständen wechselnde Wirkungen handelt, geschehen dieselben durch *Spiritus*, welche mit Wahrnehmung und Selbstbestimmung begabt sind (p. 63).

De Stair empfiehlt den Synkretismus seiner Theorie noch durch die Bemerkung, daſs seine Hypothese auch von denen angenommen werden könne, welche die Konstitution des Körpers aus Indivisibeln nicht begreifen können, indem sie nur vorauszusetzen brauchen, daſs Gott auſser den untrennbaren Korpuskeln auch noch solche mit schwächerer Geeintheit und veränderlichen Gestalten geschaffen habe (p. 71).

Aus der speziellen Physik de Stairs erwähnen wir nur, daſs nach ihm die Kohäsion der Körper aus dem Druck der Teilchen folgt, und daſs dieser nach dem Innern der Masse zunimmt (p. 52, 54). Die Teilchen der Flüssigkeiten sind rund, schlüpfrig, glatt und weich; sie ruhen selten, brauchen aber nicht bewegt zu sein, um Fluidität zu konstituieren (p. 77). Die Luftteilchen sind ebenfalls rund, und zwar so geformt durch die Rotation der Feuerteilchen; sie wechseln in schneller Bewegung ihren Ort (p. 508). Ein Vacuum ist nicht anzunehmen; Guerickes (Guirikius) Meinung über die Ausdehnung des Vacuums wird zurückgewiesen (p. 608).

Die Schwere beruht auf der Circulation des Äthers (p. 245). Das Feuer ist ein einfacher, ingenerabler und inkorruptibler Körper, der in den meisten Körpern zusammengedrückt enthalten ist und von dort befreit wird (p. 316). Das Wesen des Feuers besteht in der Figur seiner Teilchen, die durch eine ursprüngliche Vereinigung untrennbar sind und die natürliche,

von ihren Zentren ausgehende Kraft haben, sich um diese Zentren zu bewegen. Ihre Gestalt gleicht biegsamen Spitzen, die von dem Centralpunkt ihrer Vereinigung nach allen Seiten hinausstehen (p. 313, 315). Die Wärme entsteht durch die Rotation der frei werdenden Feuerteilchen. Die Kälte beruht auf der Beschaffenheit der kalten Körper, welche aus der Gestalt oder dem Druck derselben resultiert, die Rotation der Feuerteilchen zu hindern (p. 361).

Wenn die Feuerteilchen ihre Bewegung an die Ätherteilchen übertragen, so entsteht eine hin und hergehende Bewegung derselben und in diesen Vibrationen des Äthers besteht das Licht (p. 345).

Die einzelnen Erscheinungen der Körperwelt werden aus besonderen Annahmen über die Beschaffenheit der Korpuskeln erklärt, wobei der Verfasser aus allen ihm bekannten Hypothesen das Zusagendste auswählt.

Selbst die eifrigsten und ernsthaftesten Anhänger Gassendis sehen sich in dem letzten Viertel des Jahrhunderts veranlaſst, von der Strenge der begrifflichen Entwickelungen Gassendis abzuweichen. Bernier, der das System des Meisters ausführlich dargestellt hatte (s. II S. 183), glaubt einige Schwierigkeiten, welche ihm über den Raum, die Bewegung u. s. w. aufgestoſsen sind, lösen zu müssen. Es liegt ihm dabei fern, die Grundlagen der gassendischen Lehre antasten zu wollen, er hofft vielmehr die Atomistik sicherer zu fundieren. Thatsächlich aber löst er die Festigkeit der gassendischen Begriffe ohne Besseres an die Stelle setzen zu können. Er wünscht in den *Zweifeln über einige Hauptkapitel seines Abrisses der gassendischen Philosophie*,[1] daſs man die Modi der Körper nicht definiere, sondern aus der Anschauung entnehme. Er will daher die Diskontinuität der Bewegung, welche Gassendi angenommen hatte, indem er die Verschiedenheit der Geschwindigkeiten aus der Beimischung von Ruhepausen erklärte, lieber aufgehoben wissen und Bewegung und Ruhe als etwas Anschauliches wie die Krümmung ansehen, wozu es keiner abstrakten Beschreibung

[1] *Doutes* de Mr. Bernier *sur quelques-uns des principaux Chapitres de son Abrégé de la Philosophie de Gassendi.* Paris. (Ohne Jahreszahl, das Buch erschien 1682.) S. *Acta erud.* 1682, p. 472 ff.

bedürfe.[1] Die Theorie der Reflexion sucht er zu verbessern. Bedenklich für die Grundlagen der Atomistik wird jedoch die Prüfung und Erledigung eines gegen die Unteilbarkeit der Atome erhobenen Einwandes. Bernier muſs zugeben, daſs z. B. das auf der östlichen Seite eines Atoms liegende Teilchen *A* nicht dasselbe sei, wie das auf der westlichen Seite liegende *B*; sie sind demnach *réellement distinctes*, und daraus müſste folgen, daſs sie trennbar sind, wenn das Sein an verschiedenen Orten das Zeichen der Trennbarkeit wäre. Dagegen erklärt Bernier, das Zeichen der Trennbarkeit sei vielmehr dies, daſs ein Körper weicht, nicht widersteht und nicht sehr hart ist. Da es nun sehr harte Körper in der Natur gibt, müsse es auch Untrennbares geben, und dies nenne er Atom.[2] Hiermit stellt jedoch Bernier ein Hauptmoment der gassendischen Atomistik in Frage, welches darin bestand, daſs nicht die sinnliche Eigenschaft der Härte, nicht eine Naturkraft von empirisch unüberwindlicher Stärke die Atome vereinigt, sondern der Begriff der Solidität als eine Bedingung der Einheit der Raumerfüllung, die sich in den geometrischen Figuren der individuellen Substanzen ausspricht. Näher diesem strengen Begriff des Atoms kommt Bernier wieder, wenn er darunter ein absolutes Kontinuum ohne Unterbrechung versteht, welches nur unter einer einzigen Oberfläche enthalten ist.[3]

Als getreuen Anhänger Gassendis nennen wir noch Wilhelm Lamy (nicht Franciscus,[4] wie Brucker[5] angibt), der, nachdem er sich gegen Aristoteles und Descartes erklärt, die Lehren Gassendis vorträgt und verteidigt.[6]

4. John Lockes Begriff der Solidität.

Am Schluſs derjenigen atomistischen Hypothesen, welche wohl im Gegensatz zu Descartes mehr von Gassendi abhängig

---

[1] *Doutes* etc. p. 75, 76. — [2] A. a. O. p. 136. — [3] A. a. O. p. 140.

[4] François Lamy (1636—1711) war Malebranchist, über ihn Bouillier, II p. 363 ff.

[5] T. IV p. 529.

[6] Guil.h. Lamy. *De principiis rerum libri tres.* Paris 1680. S. *Acta erud.* 1682 p. 155 f. — Struvii *bibl. philos.* Jena 1704 c. 5, § 5, p. 73.

sind, erwähnen wir noch den berühmten Namen John Lockes[1] (1632—1704) wegen der sehr zutreffenden Erörterungen über den Begriff der Solidität. Locke hält diese Bezeichnung (solidity) für besser als das Wort Undurchdringlichkeit, weil letzteres mehr verneinend ist. Die Solidität aber, welche wir sinnlich als Widerstand wahrnehmen, scheint dem Körper wesentlich zu sein und dasjenige auszumachen, wodurch er sich vom Raum unterscheidet, den Raum erfüllt und jeden andren Körper von sich ausschliefst. Wir übertragen diese Eigenschaft durch den Verstand auf die kleinsten Teile der Körper. Solidität besteht nicht in der Härte, letztere gehört vielmehr zu den subjektiv sinnlichen Eigenschaften. Härte ist in den einzelnen Körpern verschieden, Solidität jedoch in allen dieselbe, im Diamant nicht gröfser als im Wasser. Auf ihr beruht der Stofs der Körper, weil sie das Eindringen in den erfüllten Raum ausschliefst.[2] Die Kohäsion der soliden und somit trennbaren Teile der Körper und das Vermögen, die Bewegung durch Stofs mitzuteilen, sind die ersten Vorstellungen, welche wir vom Körper haben. Der Körper kann nur durch Stofs seine Bewegung an einen andren übertragen, die Seele freilich kann nach Belieben Körper bewegen oder anhalten.[3] Der Zusammenhang der Teile ist jedoch nicht erklärlich. Die Ätherhypothese genügt nicht, weil es alsdann wieder an einem Bande für die Teilchen dieser *materia subtilis* fehlt.[4] Der Einwand, welchen Locke macht, dafs, wenn nur äufserer Druck die Ursache der Kohäsion wäre, jede durch den Körper gedachte schneidende Ebene eine seitliche Verschiebung längs derselben zulassen müfste, deckt sich mit dem von Huygens gegen Papin erhobenen.[5] Die Auffassung der Materie ist bei Locke durchaus korpuskular, aber er sagt: „Wer die Bande, welche diese Haufen kleiner Körper so fest zusammenbinden, wer den Kitt, der sie so zähe aneinander klebt, fände, hätte ein grofses,

[1] Lockes *Essay concerning human understanding* erschien zuerst London 1690, nachdem Leclerc einen Auszug in französischer Übersetzung 1688 veröffentlicht hatte (*Biblioth. universelle* VIII p. 49—142). Wir citieren nach der deutschen Übersetzung von Kirchmann, Berlin 1872.

[2] *Ess.* etc. l. II c. 4. Kirchmann, Bd. 1. S. 121—126.

[3] A. a. O. l. II c. 23, § 17, 18. K. II. S. 322, 323.

[4] A. a. O. § 34. S. 325. — [5] Vgl. oben II S. 361.

noch unbekanntes Geheimnis entdeckt: und doch würde er auch dann die Ausdehnung der Körper (welche der Zusammenhang seiner dichten Teile ist) nicht erklären können, wenn er nicht zeigen könnte, worin die Vereinigung oder Befestigung der Bestandteile dieser Bande, dieses Kittes oder der kleinsten Stoffteile besteht."[1] Ebenso unbegreiflich wie die Ausdehnung und Kohäsion ist die Mitteilung der Bewegung durch den Stofs. Substanz und Bewegung sind gleich unfafsbar. „Man kann ebenso schwer begreifen, wie eine Substanz, die man nicht kennt, durch Denken den Körper bewegt, als wie eine Substanz, die man nicht kennt, durch Stofs denselben bewegt."[2]

Den Begriff des Atoms leitet LOCKE aus dem Begriffe der Identität ab, aus welchem das Prinzip der Individuation folgt. Das Atom ist der stetig unter einer Oberfläche fortbestehende Körper, der in einer besondern Stelle des Raumes und der Zeit da ist; offenbar ist er in jedem Zeitpunkt des Daseins derselbe mit sich selbst."[3] Bei der fortgesetzten Teilung des Stoffes wird jedoch die Vorstellung der Teile unklar, und nur die Vorstellung der Teilung selbst bleibt klar.[4]

Die von LOCKE hervorgehobenen Begriffe der Solidität und des Atoms enthalten in der That die Gedanken, welche zur erkenntniskritischen Begründung der Physik erforderlich sind, aber im Sinne von LOCKE konnten sie zu einer solchen nicht führen, weil er ihre Bedeutung nicht in der innern Notwendigkeit des *Apriori* als Bedingung der Erfahrung erkennt, sondern sie nur als ein Resultat der durch die Sinne vermittelten Erfahrung ansieht. Er glaubt daher, dafs jene „dunkeln" Begriffe der Substanz, der Kohäsion und Bewegung schon über die Grenze der Erfahrung hinausgehen; es liegt ihm fern, solche Festsetzungen zu suchen, welche notwendige Vorbedingungen der Erfahrung sind; und so zweifelt er überhaupt an der Möglichkeit der Naturwissenschaft als Wissenschaft. „Da dieser Weg, wonach wir nur durch Erfahrung und Beschreibung das Wissen von den Substanzen erlangen und vermehren können, bei der Schwäche und Mittelmäfsigkeit unserer Vermögen hier in dieser Welt der einzig benutzbare ist, so

[1] *Ess.* etc. a. a. O. § 26. S. 327. — [2] A. a. O. l. II c. 23. § 29. S. 329.
[3] A. a. O. S. 348. — [4] A. a. O. c. 29 § 16. S. 393.

fürchte ich, dafs die Erkenntnis der Natur nicht zu einer Wissenschaft wird erhoben werden können, und wir werden nur wenig allgemeine Kenntnisse über die Arten der Körper und ihre Eigenschaften zu erlangen vermögen.“[1]

Dieser Zweifel an der Möglichkeit, die Naturwissenschaft sicher zu fundieren, ist der Grund, weshalb wir den Lockeschen Sensualismus als einen der Faktoren betrachten müssen, welche zum Verfall der Korpuskulartheorie als einer wissenschaftlichen Theorie der Materie beigetragen haben. Trotz der klaren Erfassung einzelner fundamentaler Begriffe und der scharfsinnigen Analyse derselben gelingt es Locke nicht, ihnen ihre Stelle in der Einheit des Bewufstseins als Resultate notwendiger Denkmittel anzuweisen; und der hieraus entstehende Zweifel an der Möglichkeit tieferer Begründung der Naturerkenntnis veranlafst gerade die genialsten Naturforscher, sich lediglich an die Ausbreitung der Empirie zu halten. Wir sehen in Newton den hervorragendsten Typus des Empirikers, der die ganze Aufgabe seiner Forschung in der mathematischen Beschreibung der beobachteten Phänomene erblickt, aber jeden Versuch ablehnt, die gefundenen Thatsachen durch eine einheitliche Theorie der Materie zu begründen.

5. Die naturwissenschaftliche Hypothesenbildung.

Je mehr die Sicherheit des Fundaments wankt, desto reicher blühen die konziliatorischen Versuche und die Lust an Hypothesen, zu denen sich die Korpuskulartheorie so sehr eignet. Es ist unthunlich, alles, was die Phantasie jedes einzelnen Schriftstellers hierin leistet, weiter zu verfolgen, und wir müssen uns darauf beschränken, noch an einzelnen Beispielen aus der Reihe der Physiker, Mediziner und Chemiker sowie der auf den Unterricht bedachten Gelehrten zu zeigen, wie die wüsten Hypothesenbildungen und der oberflächlichste Eklekticismus den Niedergang der kinetischen Korpuskulartheorie enthüllt.

Der Ausgangspunkt für die verschiedenen Hypothesen lag hauptsächlich in der Erklärung der Kohäsion, der ursprüng-

[1] A. a. O. l. IV c. 12. § 10. K. II S. 268.

lichen Festigkeit, der Aggregatzustände, der Elasticität, der Verdichtung und Verdünnung, und wir haben bei den einzelnen Vertretern der Korpuskulartheorien gesehen und werden noch weiter dazu Gelegenheit haben, wie sie sich hier mit den Eigenschaften und Bewegungen der Korpuskeln zu helfen suchten. Dazu kamen als Anregungen für besondere Hypothesen die chemischen und physiologischen Erscheinungen, namentlich die sogenannte Effervescenz und Gärung; vor allen endlich die Gravitation. Wir haben bei den hervorragenden Vertretern der kinetischen Korpuskulartheorien auch ihre mechanischen Gravitationshypothesen besprochen, und wollen hier nur noch auf einige Modifikationen derselben hinweisen.

A. Gravitationshypothesen.

Die cartesische Erklärung der Schwere aus der Rotation des ersten und zweiten Elements suchte ROHAULT[1] durch Anführung des von HUYGENS angestellten Versuchs zu sichern. Ähnlich erklärte der Cartesianer CLAUDE GADROIS (1642—1678) die Schwere,[2] nur dafs er sie aus der Rotation des ersten Elements allein ableitete. RÉGIS wandte sich gegen diese Ansicht, weil weder die Bewegung des Äthers auf konzentrischen Sphären sich begründen, noch die Richtung der Gravitation gegen das Erdzentrum daraus sich ableiten liefse; es würde sich nur der Fall der Körper gegen die Erdaxe ergeben. Er nimmt eine gemischtlinige Bewegung der fallenden Körper infolge der Wirbel an, die nur in Rücksicht auf die relative Bewegung der Erde geradlinig erscheint.[3] Die Geschichte der mechanischen Theorien der Gravitation ins einzelne zu verfolgen, hätte mancherlei Interessantes und würde über die Vorstellungen von der Bewegung und die mathematischen Hilfsmittel aufklärende Beiträge enthalten, welche für die Geschichte der Korpuskulartheorie wertvoll wären. So sehr daher eine solche Untersuchung erwünscht wäre, müssen wir doch, um uns nicht zu sehr in Einzelheiten zu verlieren, darauf verzichten und wollen

[1] *Phys.* 1671. II c. 28. p. 151 ff. Vgl. oben II S. 411.
[2] *Le système du monde selon les trois hypothèses* etc. Paris 1675.
[3] *Physique* I p. 442, 449 f.

nur noch auf die Zweifel hindeuten, welche Jacob I. Bernoulli (1654—1705) an der cartesischen Wirbeltheorie hegte und in einer Kontroverse mit Joh. Christ. Sturm erörterte, ohne zu einem entscheidenden Resultate zu kommen.[1]

Auch der berühmte Mechaniker Pierre Varignon (1654—1722) stellte eine Hypothese über die Schwere auf,[2] indem er dieselbe auf einen äufseren Druck zurückführte, unter der Voraussetzung, dafs die schweren Körper an sich gegen die Bewegung nach jeder Richtung sich indifferent verhalten. Die benachbarten Wirbel sollen zur Folge haben, dafs die Atmosphäre der Erde gerade so wirkt, als sei sie von einem festen Gewölbe umgeben. Zwischen diesem und der Erdoberfläche gibt es eine neutrale Zone, in welcher die Körper nicht schwer sind; darunter werden sie gegen die Erde, darüber nach oben gedrückt. Er beruft sich darauf, dafs nach Descartes' Angabe Mersenne und Petit senkrecht in die Höhe geschossene Kugeln mehrfach vergeblich gesucht hätten; dieselben seien also vermutlich in der indifferenten Zone hängen geblieben.

Gelegentlich sei bemerkt, dafs Nicolas Fatio de Duillier (1664—1753), welcher die erste Veranlassung zu dem Prioritätsstreit über die Erfindung der Differenzialrechnung zwischen Newton und Leibniz gab, eine Hypothese zur mechanischen Erklärung der Newtonschen Gravitationstheorie aufstellte,[3] indem er annahm, dafs die Materie nur einen sehr geringen Teil des Raumes einnehme, so dafs die Welt als fast absolut körperleer bezeichnet werden könne.[4] Die Teile einer oder mehrerer Ordnungen von freier Materie sind in jedem Sinne sehr agitiert und bewegen sich in geraden Linien; wenn sie direkt auf die

[1] *Dubium circa causam gravitatis a rotatione Vorticis terreni petitam. Acta Erud.* 1686. p. 91 f. Über Jac. Bernoullis eigene Theorie der Gravitation und Kohäsion s. II S. 430 f.

[2] *Nouvelles conjectures sur la pésanteur.* Paris 1690. *Acta Erud.* 1691. p. 299.

[3] Dieselbe findet sich in Duilliers Briefen an Huygens: Christiani Hugenii *aliorumque seculi XVII virorum celebrium Exercitationes mathematicae et philosophicae*, ed. P. Joh. Uylenbroek. Hag. Com. 1833. II p. 108—114. (Brief vom 24. Febr. 1690, worin Duillier angibt, dafs er seine Theorie schon seit drei Jahren in Gedanken habe.) Bemerkungen von Huygens gegen Duillier p. 114, 115. Dagegen Duillier p. 117—122. Vgl. ferner Leibniz *M. Schr.* II, Brief an Huygens vom 12/22. Juni 1694 p. 183.

[4] Uylenbroek a. a. O. II p. 119.

Körper fallen, verlieren sie etwas von ihrer Bewegung, die sich manchmal in andern Bewegungen wiederfindet. Die Reibung an den Körperpartikeln gibt ihnen eine kreisförmige Bewegung.[1] Die irdischen Körper sind skelettartig durchbrochen und bilden ein sehr dünnes Gewebe, so dafs ihre Poren der Materie freien Durchgang gestatten.[2] Duillier konnte jedoch Huygens nicht überzeugen.[3] Seine Theorie hat Ähnlichkeit mit der späteren von Lesage und ist als ein Vorläufer derselben anzusehen.

Endlich sei hier noch der Theorie von Claude Perrault (1613—1688) Erwähnung gethan, welcher, um die Gravitation gegen das Erdzentrum zu erklären, annimmt, dafs die Wirbel der ätherischen Materie sämtlich parallel dem Äquator mit sehr grofser Geschwindigkeit stattfinden, aber so, dafs diese Geschwindigkeit in den einzelnen Parallelkreisen nach den Polen zu stetig zunimmt.[4] Leibniz hat einen Versuch gemacht — ohne jedoch der Perraultschen Hypothese beizustimmen — die Zunahme der Geschwindigkeit nach den Polen zu motivieren und die dadurch erfolgende Bewegung zu bestimmen.[5]

Perrault bietet im übrigen ein treffendes Beispiel für die Überhandnahme der Hypothese, indem er nicht nur die Schwere, sondern auch die Härte und Elasticität korpuskular zu erklären versucht. Er nimmt an, dafs die Körper aus unteilbaren Partikeln von bestimmter und unveränderlicher Figur zusammengesetzt sind, welche zwischen sich kleine Intervalle lassen.[6] Die Luft ist aus drei verschiedenen Teilen zusammengesetzt, einem gröberen, einem feinen und einem ätherischen Teile.[7] Der ätherische Teil besitzt keine Schwere, sondern ist selbst die Ursache der Schwere. Der feine Teil besteht aus kugelförmigen Korpuskeln und ist daher nicht zusammendrückbar; die Schwere derselben drückt (durch Vermittelung der ätherischen Materie) die gröberen Korpuskeln der Körper zusammen und bewirkt dadurch ihre Festigkeit und Härte.[8] Wir verzichten indessen auf die weitere Ausführung dieser Hypothesen und

---

[1] A. a. O. p. 110. — [2] A. a. O. p. 113.
[3] Leibniz' *M. Schr.* II. Huygens an Leibniz 24. Aug. 1694. p. 192.
[4] *Essais de physique*, Paris 1680. I p. 81. Vgl. oben S. 455.
[5] *Arch. f. Gesch. d. Phil.* 1888. I p. 571 ff.
[6] *Essais de phys.* I p. 13, 14. — [7] A. a. O. p. 4, 5. — [8] A. a. O. p. 19 u. a.

ihrer Anwendungen, da sie über die schon anderweitig erwähnten korpuskularen Vorstellungen nicht hinausgehen, und fügen nur noch hinzu, dafs Perrault die ersten Zusammenfügungen der unteilbaren Korpuskeln als Partikeln bezeichnet; die Partikeln vereinigen sich zu Teilen (parties), aber auch diese sind noch unsichtbar, und die kleinsten sichtbaren Teile der Körper enthalten noch grofse Mengen dieser unsichtbaren Teile.[1]

B. Die Mikroskopie.

Eine wesentliche Stütze zog die Korpuskulartheorie aus dem Fortschritt der mikroskopischen Untersuchungen, welche ihre Hypothesen gewissermafsen *ad oculos* zu demonstrieren schienen. Hier sind vor allen Hookes Entdeckungen zu nennen, welcher die verschiedenartigsten anorganischen wie organischen Körper seinem bewaffneten Auge unterwarf und neue Einblicke in die Konstruktion derselben und die Anordnung ihrer Teile eröffnete.[2] Er selbst war bekanntlich entschiedener Vertreter einer kinetischen Korpuskulartheorie (s. 4. Buch, S. 329 ff.).

Auf organischem Gebiete treten zu den Untersuchungen Hookes und Leeuwenhoeks, dessen korpuskulare Vorstellungen sogleich erwähnt werden sollen, noch die wichtigen Entdeckungen von Ham, Malpighi, Swammerdam u. a. hinzu. Die Spermazellen, die Blutkörperchen, die Hefezellen und Mikroorganismen der verschiedensten Art stärkten die Überzeugung von der ins Unermefsliche gehenden Gliederung der organischen Natur indem sie somit der Neigung, die kleinsten Teile der Materie immer weiter zurückzuverlegen, entgegenkamen, führten sie doch zugleich aus dem hier zu betrachtenden Gebiete hinaus; denn indem sich die Materie in jenen Ursprungs- und Samenzellen schon organisiert erwies, schien sie zu beweisen, dafs eine bildende Kraft bereits die kleinsten Teile der Materie beherrscht. In diesem Sinne hat die Entdeckung der Mikroorganismen nicht blofs nachweislich auf Leibniz[3] eingewirkt und ihn in der

[1] A. a. O. T. II. *Du bruit.* p. 36.

[2] *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon.* London 1667. Fol.

[3] S. *Phil. Schr.* IV p. 480. VI p. 152. — Vgl. Selver, *Phil. Stud.* III S. 438 f. Heussler, *Rational.* S. 154. S. auch oben S. 457 u. 483.

dynamischen Auffassung seiner Monaden bestärkt, sondern auch zu hylozoistischen Theorien Veranlassung gegeben.

Für die eigentliche Korpuskulartheorie kommen insbesondere diejenigen Untersuchungen in Betracht, welche sich auf die Kristallbildung beziehen. Die wichtigsten Aufschlüsse für die theoretische Erkenntnis der Kristalle gab die Entdeckung STENONES von der Konstanz ihrer Flächenwinkel.

NICCOLO STENONE (NICOLAUS STENO, 1631—1686) will in der Theorie der Materie sich für keinerlei System entscheiden, ob die natürlichen Teilchen der Körper ihre Gestalt ändern können, oder nicht, ob es leere Zwischenräume gebe, oder ob jene Partikeln aufser Ausdehnung und Härte noch irgend etwas Unbekanntes in sich enthalten. Er setzt nur soviel fest, dafs der Naturkörper eine Anhäufung sinnlich nicht wahrnehmbarer Teile ist, welche für die vom Magneten, dem Feuer und zum Teil auch dem Lichte ausgehenden Wirkungen durchgänglich ist, sei es, dafs sich offene Gänge zwischen den Partikeln, sei es, dafs sie sich in ihnen befinden, oder dafs auch beides der Fall sei. Das Feste unterscheidet sich vom Flüssigen dadurch, dafs in letzterem die Partikeln in fortwährender Bewegung sind und voneinander zurückweichen, während sie in ersterem sich zwar auch bewegen, aber, so lange der Körper fest bleibt, nicht voneinander weichen.[1] Die erste und ursprüngliche Ursache der Bewegung ist unbekannt. In der Natur jedoch rührt die Erzeugung der Körper von der Bewegung ihrer Teile durch eine durchdringende Flüssigkeit her, ob nun dieses Fluidum von der Sonne oder aus einer andren uns unbekannten Quelle stamme.[2] Jeder nach Naturgesetzen entstandene feste Körper ist aus Flüssigem hervorgegangen. Der feste Körper wächst durch Anlagerung neuer Partikeln, welche von einem äufsern Fluidum abgesondert und entweder direkt von diesem oder durch Vermittelung eines innern Fluidums nach Gestalt der innern Gänge angelagert werden.[3] Da nun von zwei benachbarten festen Körpern derjenige zuerst hart geworden sein mufs, welcher durch seine Oberfläche die Eigenschaften der Oberfläche des andren ausdrückt, so kann man daraus bei

[1] NICOLAI STENONIS *De solido intra solidum naturaliter contento Dissertationis prodromus.* Florentiae 1669. p. 10.

[2] A. a. O. p. 13, 14. — [3] A. a. O. p. 18.

einem gegebenen Körper auf die Bildung desselben durch Anlagerung schliefsen. Daraus zieht STENONE für die Begründung der Lehre von den geologischen Ablagerungen und von der Kristallbildung wichtige Schlüsse. Das Wachsen der Kristalle geschieht von aufsen, braucht jedoch keineswegs gleichmäfsig nach allen Seiten zu geschehen; dagegen findet es nach Mafsgabe der Oberflächen statt, so dafs die Winkel konstant bleiben.

Unmittelbare Schlüsse auf die korpuskulare Gestaltung der Körper zieht ANTONY VAN LEEUWENHOEK (1632—1723) aus seinen mikroskopischen Untersuchungen. Er glaubt in den kleinen Kristallen, die er in Wein und Essig beobachtete, die materiellen Korpuskeln der Salze zu erblicken und bezeichnet sie auch vielfach als Atome. Aufser unzähligen „Würmchen“ entdeckte er im Essig dichte Mengen von „Salzteilchen“, von verschiedener Gestalt und Farbe, die mit wenigen Ausnahmen nach beiden Seiten hin zugespitzt waren. Nachdem er Krebssteine oder Kreide in den Essig geworfen hatte, waren die spitzen Teilchen verschwunden und alle hatten sich zu mehr viereckigen Figuren abgestumpft, so dafs niemand zweifeln kann, dafs die zerstörte Schärfe und offenbare Änderung des Geschmacks der Veränderung jener Teilchen zuzuschreiben ist.[1] Aus seinen Beobachtungen schliefst er, dafs die Salzatome anfänglich sehr ebene kleine Figuren bildeten und aus diesen durch Umbiegung ihrer Ecken entstehen, indem sie sich von den Seiten her einrollen.[2] Er knüpft daran Betrachtungen über den Übergang der Teilchen in das Blut, in welchem er sie wiedererkannt zu haben glaubt. Es ist klar, dafs derartige Beobachtungen über die aufserordentliche Verschiedenartigkeit und Mannigfaltigkeit der dem bewaffneten Auge sichtbar werdenden Teilchen, da man sie für echte Korpuskeln hielt, dem Forscher die Berechtigung zu geben schienen, sich in den Hypothesen über die Gestalt der Korpuskeln keine Schranken aufzuerlegen. Das Mikroskop zeigte ja ihre Spitzen und Ecken, und es zeigte

[1] *Anatomia et Contemplatio nonnullorum Naturae invisibilium secretorum* comprehensorum Epistolis scriptis ad ill. inclytae Soc. Reg. Lond. Coll. ab ANT. DE LEEUWENHOEK, ejsd. soc. m. Lugd. Bat. 1685. S. *Act. Erud.* 1685. p. 533 f.

[2] ANTONII A LEEUWENHOEK, *Opera omnia seu Arcana naturae* etc. Lugd. Bat. 1722. T. I p. 13.

aufserdem ihre Veränderlichkeit. Dies mufste grade jene Richtung der Korpuskulartheorie fördern, welche im nur praktischen Interesse sich auf Hypothesen über die Gestalt der Teilchen legte. LEEUWENHOEK glaubte mit seinen Vergröfserungen, die, wie wir jetzt wissen, kaum über das 160fache hinausgegangen sein können,[1] so weit in die Natur gedrungen zu sein, dafs er sogar der Hypothese DESCARTES' widersprach, nach welcher die Wasserteilchen die Gestalt kleiner Schlangen hätten, weil er auch die kleinsten beobachtbaren Wassertröpfchen immer noch rund gefunden hatte.[2]

LEEUWENHOEKS Entdeckungen, die meist in den *Philosophical Transactions* erschienen — die erste 1673 — erregten schon durch das Interesse, welches sie der Neugier boten, das lebhafteste Aufsehen; wurde doch dem menschlichen Auge hier eine neue Welt eröffnet und gleichsam das innerste Geheimnis der Natur enthüllt. Wir finden sie daher bei den Zeitgenossen vielfach erwähnt und verwertet. Besonders stützte sich die mechanische Theorie der Ernährung auf dieselben, wie sie z. B. der Arzt DANIEL DUNCAN (1649—1735) in seinem Buche *La chymie naturelle etc.* (Paris 1682) lieferte, der übrigens bei seinen molekularen Theorien auch noch unter dem Einflufs der Chemiker steht.[3]

C. Ärzte und Chemiker.

Unter den Ärzten hatte der Cartesianismus vielfach Beifall gefunden. Seit REGIUS waren nicht wenige bemüht, die schon von DESCARTES angedeutete Theorie der physiologischen Beschaffenheit des menschlichen Körpers weiter auszubauen und zugleich die Heilmittellehre korpuskular zu gestalten. Der Nachfolger von SYLVIUS in Leiden, THEODOR CRAANEN (1620—1690) gab in diesem Sinne ein Buch heraus, worin unter Prüfung von SENNERTS Heilmittellehre die Natur aller Medikamente auf die Gröfse, Gestalt, Porosität, Verzweigung, Biegsamkeit, Starrheit und Kohäsion der Partikeln begründet wird.[4]

---

[1] POGGENDORFF, *Gesch. d. Ph.* S. 582. — [2] *Opera*, T. I. p. 10.

[3] Über den Einflufs der Mikroskopie auf die Anatomie u. Physiologie vgl. HAESER II S. 333 ff. u. PUSCHMANN, *Gesch. d. med. Unterr.* S. 294 ff.

[4] *Lumen rationale medicum, h. e Praxis medica reformata Henrici Regii.* Medioburgi 1686. S. *Acta erud.* 1686. p. 556.

Der Cartesianer Cornelius Bontekoe (1647—1685), zuletzt Leibarzt des Kurfürsten von Brandenburg und Professor der Medizin zu Frankfurt a. O., war zugleich ein eifriger Anhänger der chemiatrischen Prinzipien von Sylvius. In Bezug auf die Kohäsionsfrage wich er dadurch von Descartes ab, daſs er die Festigkeit nicht von der Ruhe der Teilchen, sondern von dem Druck der umgebenden Flüssigkeit in Verbindung mit Gestalt und Gröſse der Partikeln herleitete.[1]

Wir erwähnen als Beispiel der willkürlichen Hypothesenbildungen nur noch Steven Blankaart (Stephanus Blancardus) aus Middelburg (1650—1702), Arzt zu Amsterdam, nicht weil er gerade als Arzt hervorragte, aber weil seine zahlreichen Schriften, namentlich sein *Lexicon medicum*,[2] sehr verbreitet waren, und er ganz besonders für die Ausdehnung der cartesischen Korpuskulartheorie thätig war. In seiner *Academia Cartesiana*[3] gibt er eine cartesische Begründung der Medizin. Er erklärt die Entstehung der besonderen Sekretionen, z. B. der Milch in den Brüsten, ebenso aber auch der animalen Spiritus aus der Beschaffenheit der Körperkanäle, welche so gestaltet sind, daſs sie nur Teilchen einer Art durchlassen. Seinem Traktat über den Skorbut,[4] in welchem er eine Theorie des Skorbuts auf cartesischen Prinzipien liefert, entnehmen wir seine Aufstellungen über die Gärung des Brotes, nur um dadurch jene beliebten Hypothesen zu repräsentieren, durch welche man glaubte eine Erklärung gegeben zu haben, wenn man einige Wirkungen beschrieb, welche die Korpuskeln infolge ihrer Gestalten möglicherweise haben konnten. Das Mehl wird demzufolge nach Hinzufügung des Wassers sauer und nimmt die Natur des Ferments an, weil die scharfen und starren Partikeln desselben von der subtilen Materie heftiger als seine andern Molekeln bewegt werden; infolgedessen pflegen sie nunmehr vermöge ihrer scharfen und nach allen Seiten schnei-

---

[1] Corn. Bontekoe *Metaphysica*, ejusdemque *de motu liber singularis*, nec non *Oeconomia animalis*. Accedit A. Geulincx *Physica vera*. Lugd. Bat. 1688. Vgl. *Acta erud.* 1688. p. 487.

[2] S. Haeser, Jena 1881. II S. 414.

[3] Amstelod. 1683. S. *Acta erud.* 1685 p. 144.

[4] *Tractatus curiosus de Scorbuto* etc. S. *Acta erud.* 1685 p. 456.

denden Gestalt die ineinander verschlungenen zweigförmigen oder ölartigen Partikeln, von denen sie vorher gleichsam gebunden gehalten wurden, zu zerreifsen und zu trennen, so dafs sie jetzt vor allen übrigen vorherrschen und sich bemerklich machen. Entsprechend werden die übrigen Gärungen erklärt. Es wird dies genügen, um den lediglich veranschaulichenden Wert dieser willkürlichen Hypothesen zu charakterisieren.

Nicht nur Descartes, auch Gassendi mufste es sich gefallen lassen, im chemischen, physiologischen und therapeutischen Interesse ausgebeutet zu werden. Der Pariser Arzt G. B. de Saint Romain[1] findet in der Atomistik Gassendis ein willkommenes Mittel, seinen alchemistischen Neigungen eine theoretische Grundlage zu geben und die willkürlichsten Hypothesen über Wirkung der Gifte und Heilmittel aufzubauen. Die Gifte bestehen nach ihm in vereinzelten, vom Körper emanzipierten Atomen, welche vermöge ihrer scharfen, bohrer- und sägenartigen Gestalten schädigend wirken, die Organe durchdringen und zerstören und hierdurch die Bewegung der Lebensgeister unterbrechen. Gegengifte sind Mittel, die Bewegung dieser isolierten Atome zu hindern. Er teilt die Gifte nach ihrer Wirkung ein und nimmt dem entsprechende verschiedene Atome an. Die Ursache aller Krankheiten wird in willkürlicher Weise auf die Störungen durch derartige Atome zurückgeführt und die Heilung in ihrer Ausstofsung gesucht, wozu als Generalmittel tägliche Evacuation empfohlen wird. Alle möglichen wunderbaren Wirkungen finden bei St. Romain unbedenklich Glauben und eine ebenso bereitwillige Hypothese zur Erklärung. Erwähnt sei noch, dafs nach ihm der Regen Keime (corpuscula seminalia), die aus der Sonne und den Gestirnen ausströmen, auf die Erde herabführt, und dafs das Licht aus den Atomen des Goldes besteht.

[1] *La science naturelle dégagée des chicanes de l'Ecole, Ouvrage enrichi d'Experiences de Médécine et de Chimie.* Paris 1679. (Gmelin, *Gesch. d. Chem.* II S. 19). Dasselbe lateinisch: *Physica a scholasticis tricis liberata*, Lugd. Bat. 1684. (*Acta erud.* 1684, p. 364.)

D. Lehrbücher.

In den Lehr- und Handbüchern, soweit sie überhaupt den modernen Lehren Konzessionen machen, herrscht naturgemäfs der Eklekticismus vor. Hier war schon durch den Schulgebrauch der Anschlufs an Aristoteles auch in der äufseren Anordnung des Stoffes, nach Einteilung und Definitionen geboten. Eine Entscheidung mufste vermieden werden, und es genügte vielfach, die einzelnen Ansichten aufzuzählen. In dieser Hinsicht erwähnen wir die eklektische Physik Joh. Sperlettes, in welcher die Naturwirkungen „soweit als möglich mechanisch oder durch unverletzliche Bewegungsgesetze", aber „nach der bisher in den Schulen üblichen Methode" entwickelt werden.[1]

Als das bezeichnendste Beispiel, welche Gestalt des kritiklosesten Synkretismus die Korpuskulartheorie in der Verschmelzung mit der scholastischen Physik angenommen hatte, mag es erlaubt sein, in einer ausführlichen Anmerkung den Inhalt eines Büchleins anzuführen, das der Professor der Medizin zu Rinteln, früher in Marburg in Hessen, Heinrich May (1632—1696) „zum Gebrauch der lernbegierigen Jugend" herausgab.[2] Die

[1] Joh. Sperlette, *Physica nova seu philosophia naturae*, ad usum Academicae Inventutis, secundum methodum hactenus in scholis receptam tradita, in qua omnes naturae effectus, quantum fieri potest, mechanice seu per inviolabiles motuum leges explicantur. Berol. 1694.

[2] Henrici Maji, D. Celsissimi Cattorum Principis Archiatri, et olim in Marpurgensi Medicinae et Physices ordinarii, nunc in Rinthelensi Academia Medicinae Primarii Professoris, *Physicae veteris-novae adornatae Secundum Democriti, antiquissimi Philosophi, a Gassendo, Verulamio, Boylaeo, Derodone, Digbyaeo aliisque recentioribus redintegrata, variisque Experimentis comprobata Principia. Synopsis conscripta In usum Studiosae Juventutis.* Francoforti Sumptibus Friderici Knochii, Ex officina Görliniana, a. 1688. Auch May will zwischen der peripatetischen und der modernen Physik einen „Mittelweg" einschlagen. Seine Prinzipien der Naturerkenntnis sind drei: Die Sinneswahrnehmung, der Verstand (ratio) und die heilige Schrift. Was die Bibel sagt, darf nicht bezweifelt werden, aber wo sie nichts sagt, da ist dem Naturphilosophen freies Feld gelassen. Das Objekt der Physik ist der Naturkörper als solcher, d. h der aus der natürlichen Form und Materie zusammengesetzte Körper, welcher die Natur gewissermafsen als ein inneres Prinzip in sich enthält, wodurch er handelt oder leidet, bewegt oder weicht, soviel ihm nach dem allgemeinen Naturgesetze zukommt. Der allgemeine Begriff des Körpers ist, dafs er aus-

Unklarheit, welche in demselben trotz des vielversprechenden Titels herrscht, zeigt am besten den Zustand der Physik in den breiteren Schichten der gelehrten Bildung und beweist, welche Gefahr für den wissenschaftlichen Ernst der Theorie der Materie aus dem Umstande entsprang, dafs die Korpuskulartheorie als

---

gedehnte und undurchdringliche Substanz ist; indem man ihn als Naturkörper betrachtet, beschränkt man sich auf die Physik (p. 1, 2). „Prinzipien" und „Materie" werden aristotelisch gefafst. Die *materia subtilis* der Neueren ist, richtig verstanden, den Sätzen des Platon und Aristoteles nicht geradezu entgegen, nur darf sie nicht als homogen und gleichartig angesehen werden; denn wenn die kleinsten Teile derselben eine bestimmte Form haben, so ist nicht einzusehen, wie sie sich ohne leere Zwischenräume bewegen könnte (p. 6, 7). Im dritten Kapitel handelt May von den Atomen. Die Atome sind die kleinsten Korpuskeln, von solcher Kleinheit, dafs sie durch keine Naturkraft weiter geteilt werden können. Daher sind sie die kleinsten Elemente der natürlichen Dinge, aus denen jene zuerst zusammengesetzt worden sind und ebenso zuletzt durch Kunst und Natur aufgelöst werden. Es gibt einfache und zusammengesetzte Atome. Einfache nennen wir die kleinsten homogenen, insektilen Teile der Natur, welche daher solid und unbeugsam sind, und aus denen ein jeder Körper zusammengesetzt ist; sie zerfallen in Feuer-, Luft-, Wasser- und Erdatome. Die zusammengesetzten, anderwärts auch *minima Naturalia* genannt, sind kleine, heterogene und gemischte Partikeln, relativ unteilbar (secundum quid), d. h. unter der Bedingung, dafs sie unter derselben Form bleiben, obgleich sie zuletzt in reine Atome (puras atomos) auflösbar sind. Die einfachen Atome — deren Annahme leicht mit Descartes zu vereinen sei — sind nicht mathematische Punkte ohne Ausdehnung, sondern physische Punkte mit bestimmter Figur (p. 7, 8). Als Atomisten werden angeführt dsr Phönizier Mochus, Empedokles, Leucippus, Demokritus, Anaxagoras, Platon, Aristoteles (!), Galenus, Scaliger, Basso, Sennert, Boyle. Dafs die Gestalten der Atome unzählige seien, wird man kaum leugnen können, wenn es auch nur Vermutung ist, dafs die Feueratome sphärisch, die Erdatome kubisch, die Wasseratome oblong und biegsam, die Luftatome desgleichen in noch stärkerem Mafse, zugleich aber kleiner sind, dafs einige glatt, andre rauh oder mit Häkchen versehen sind. Die zusammengesetzten haben wahrscheinlich dieselben Gestalten, welche die gröfseren Körper nach konstantem Naturgesetz bewahren (p. 9, 10). Dafs Veränderung, Werden und Vergehen ihre Ursache in den Atomen haben ist klar. Auch Sympathie und Antipathie beruhen auf der Übereinstimmung oder dem Widerstreit der Atome. Der heiligen Schrift kann die Atomistik nicht widersprechen, da jene nichts darüber sagt.

Die substanzielle Form nimmt May als das an, wodurch ein Körper essentiell und spezifisch von allen andern sich unterscheidet. Es gibt substanzielle Formen in der Natur, sonst wäre kein Unterschied zwischen Entstehen und Veränderung und es könnte niemals eine neue Substanz erzeugt werden, sondern nur die vorhandene eine Veränderung ihrer Accidentien er-

eine Hypothese erschien, welche jeder Auffassung vom Körper sich anbequemen liefs. Ihre Behandlung schien so leicht, dafs ein jeder sich zutrauen konnte, mit derselben ins Innere der Natur einzudringen. May mag freilich wohl ein besonders verworrener Kopf gewesen sein, aber er war doch öffentlicher

leiden. Das aber scheint durchaus absurd und der Erfahrung widersprechend (p. 12). May hat also offenbar keine Ahnung, was eigentlich Atomistik bedeutet und warum die Erneuerer der Philosophie zur Korpuskulartheorie griffen; er arbeitet ruhig mit den substanziellen Formen weiter, läfst aber die Korpuskeln daneben zum beliebigen Gebrauche gelten. Über die Natur und ihre Thätigkeit werden die bekannten personifizierenden Sätze wiederholt, wie „die Natur macht keinen Sprung,“ „sie thut nichts vergeblich“ u. s. w., auch „*abhorret ab infinito.*“

Die Quantität ist ein innerer Zustand des natürlichen Körpers, durch welchen derselbe ausgedehnt ist; zu jeder Quantität gehört Gestalt, Endlichkeit und Undurchdringlichkeit. Der Physiker handelt nicht von der Quantität der Fähigkeit (virtutis), sondern der Masse (molis), auch nicht, wie weit es Teilung ins Unendliche gibt, auf physische Weise. Eine Durchdringung der Dimensionen gibt es nicht. Die Teile des Kontinuums werden nicht durch einen Modus, der eine gewisse *entitas superveniens* sei, sondern durch sich selbst geeint. Doch ist es schwer zu sagen, woher die Kohäsion komme, und vielleicht meinen die Epikureer nicht ganz unpassend zu diesem Behufe zu den mit Häkchen versehenen Atomen ihre Zuflucht nehmen zu müssen.

Was das Vacuum betrifft, so wird es zwar von der Natur nicht an sich verabscheut, ist auch nicht absolut unmöglich, aber doch nicht positiv in der Natur gegeben (p. 28).

Die Qualität ist ein innerer Zustand des Naturkörpers, wodurch er zum Wirken und Leiden befähigt ist. Die offenbaren Qualitäten zerfallen in „aktuose,“ Qualitäten im eigentlichen Sinne, die aus der Bewegung fliefsen und meist mit einer substanziellen Ausströmung verbunden sind, und in „inerte,“ die nichts bewirken und eigentlich keine richtigen Qualitäten sind; auch sie müssen aus Textur, Lage, Figur und Gröfse der Teile allein hervorgehen. Auf occulte Qualitäten soll man nicht leichtsinnig rekurrieren, dennoch wäre es sehr gewagt und unklug, alle Phänomene aus offenbaren Qualitäten ableiten zu wollen (p. 32, 33).

Seine scholastischen Worterklärungen und Einteilungen setzt May auch über die Bewegung und Ruhe fort. Dann heifst es weiter: Da die Bewegung gleichsam das Haupt der ganzen Physik zu sein scheint und alle Werke der Kunst und Natur in ihr nahezu enthalten sind, so ist es kein Wunder, wenn ihre Vernachlässigung seit so langer Zeit die Fortschritte der Physik fast verhindert hat. Obgleich aber die Wissenschaft von der Bewegung in unserm Zeitalter von Gassendi und andern berühmten Männern, welche die Physik mit der Mathematik verbanden, wiederhergestellt und ausgebaut worden ist, so haben diese jene Wissenschaft doch so eng mit geometrischen Beweisen ver-

Lehrer, der in Marburg und Rinteln eine Reihe physikalischer Disputationen angeregt und herausgegeben hat, und ein Mann, der die Werke von Bacon und Descartes, von Gassendi und Boyle gelesen und in Utrecht, Gröningen und Franeker den

---

bunden, dafs sie denjenigen, welche in diesen Disziplinen nicht unterrichtet sind, den Zugang fast ganz verschlossen haben. Er wolle daher die Physik physikalisch behandeln und von der Bewegung nicht in abstrakter, sondern in konkreter Weise reden (p. 33). Das geschieht denn auch in überraschender Art.

Die natürliche Bewegung ist im Anfang langsamer, am Ende schneller, nicht wegen der Ursache der Bewegung, sondern wegen des Mittels, das im Anfang widersteht, am Ende nachgibt (obedit) (p. 37)! Licht ist keine Substanz, kann aber ohne das Subjekt einer sehr feinen Materie kaum gedacht werden. Wegen ihrer Schnelligkeit wird seine Bewegung momentan genannt, dafs sie aber in der Zeit stattfindet, lehrt die Dämmerung (p. 46)! Elemente nimmt man gewöhnlich vier an; May spricht sich möglichst unbestimmt über dieselben aus und sucht die cartesischen mit den aristotelischen in Übereinstimmung zu bringen. Die Erde ist das dichteste und schwerste Element, ruht in der Mitte der Welt und wird in vier Teile, Europa, Asien, Afrika und Amerika geteilt (p. 55)! Die Beweise für oder gegen die Bewegung heben sich auf, also entscheidet die Bibel für die Ruhe (p. 57).

Die Eigenschaften der Elemente werden in erste (Wärme, Kälte, Trockenheit, Feuchtigkeit) und zweite in scholastischer Weise eingeteilt, aber hinzugefügt, dafs die Erklärung der Neueren aus den Atomen jene Erklärungen nicht aufhebe, sondern illustriere. Nun werden einige korpuskulare Erklärungen so unbestimmt als möglich vorgetragen, auch die innere, unmerkbare Bewegung der Teilchen in den Körpern unter Berufung auf Boyle gelehrt und darauf hingewiesen, dafs man glaube, auch die Elasticität beruhe hierauf. Da aber auch die gröfseren Bewegungen der Natur von der Elasticität abhängen, so dürfte diese auf einem innern Prinzip, dafs man nun substanziale Form oder anders nennen möge, beruhen, wodurch sich der frühere Zustand widerherstellt.

Die Prinzipien der zusammengesetzten (mixta) Körper sind 1. *Remota:* Die Elemente; 2. *Propinqua:* Die chemischen Prinzipien *Sal*, *Sulfur*, *Mercurius*; 3. *Proxima:* Die Keime oder Minima jeder besondern Spezies. Die chemischen Prinzipien sind meist aus mechanischen zu erklären (p. 64). Hier herrscht der Einflufs von Boyle vor. Weiter aber wird wieder mit blofsen Worterklärungen von Eigenschaften operiert.

Effluvien sind kleine und feine natürliche Körperchen aus den Elementen, meistens Wasser und Erde, jedoch auch aus zusammengesetzten Körpern, durch Kraft der Sterne und Gunst der Wärme ausgezogen und in die Höhe geführt; sie sind entweder einfache, wie die Atome, oder zusammengesetzte, wie Rauch und Dunst. Es gibt *materialia* und *spiritalia*, die wie die sichtbaren Spezies, die Bilder der Farben, die Influenzen der Himmelskörper den Menschen infi-

reinen Cartesianismus kennen gelernt hatte.[1] Trotzdem vermochte er ein Jahr nach dem Erscheinen von NEWTONS Prinzipien ein Buch zu schreiben, das eine unglaubliche Konfusion der Begriffe enthielt. Nicht dafs er scholastische Neigungen hatte, darf uns wundern; denn die scholastische Physik hielt sich ja noch viel länger auf den Schulen; aber dafs er der Atomistik so viel Neigung entgegenbrachte, und doch so wenig die Bedeutung erkannte, welche derselben gegenüber der scholastischen Begriffseinteilung zukam; und dafs er keinen Anstand nahm, die sich thatsächlich widersprechendsten Annahmen in bester Meinung nebeneinander zu stellen.

E. Unfähigkeit der Hypothese und Abneigung gegen dieselbe.

Eine Gefahr, die im Wesen der Korpuskulartheorie lag, nämlich das popularisierende Element derselben, sehen wir in obigen Beispielen zu ihrem Verfall aufs deutlichste beitragen. Die scheinbare Anschaulichkeit, welche die Erklärung der Erscheinungen erhielt, indem man die Wirkungen der besonders gestalteten Korpuskeln beschrieb, verleitete dazu, dafs man glaubte, wirklich eine Erklärung geliefert zu haben. Die oberflächliche Naturbetrachtung begnügte sich mit diesen Schilderungen, welche doch höchstens den Wert von Erläuterungen hatten und ebensogut anders gegeben werden konnten. Um zu einer wirklichen Erklärung zu gelangen, welche sich nicht

zieren, ohne sinnlich wahrnehmbar zu sein, sondern nur durch ihre Wirkung. Auch die härtesten Körper exhalieren (p. 67, 68).

Die Bestandteile sind in der Mischung *actu* nach ihrer Entität, aber *potentia*, wenn man sie physisch, d. h. nach ihren sinnlichen Eigenschaften betrachtet. Jeder Bestandteil ist in kleinster Portion in jedem Teile der Verbindung.

Eine unregelmäfsige Verbindung (mixtio) gibt es zwar in der Natur, sie wird aber nicht von ihr gebilligt. Da die Bestandteile in der Mischung sich passiv verhalten, so bedürfen sie eines *rector*, d. h. einer spezifischen Form, welche sie lenkt, ordnet und disponiert. Vollkommen sind die Mischungen, welche nicht leicht in ihre ursprünglichen Bestandteile zurückkehren (p. 85). Bei der *generatio* entsteht zwar eine neue Form, aber die Ansicht der Epikureer ist auch nicht schlechtweg zu verwerfen (p. 87).

[1] A. a. O. Praef.

als eine blofs mögliche, sondern als eine notwendige, aus mathematischen Gesetzen folgende erwies und durch den Versuch bestätigt werden konnte, fehlte es an zweierlei; an Prinzipien der Mechanik, welche die Wechselwirkung der Korpuskeln bestimmten, und an der mathematischen Analyse, welche dieselben zu behandeln gestattete. Erstere schuf HUYGENS, letztere LEIBNIZ; aber sie konnten eben nur die Grundlagen geben, deren Verständnis und Ausbau erst einer späteren Zeit vorbehalten war. Ohne jene Prinzipien und ohne die mathematische Technik blieb die Korpuskulartheorie ohnmächtig; die erkenntniskritisch wertvolle Behandlung des Körperproblems konnte keine physikalischen Früchte bringen. Selbst HUYGENS vermochte noch ein Jahrhundert lang nicht durchzudringen. Im 17. Jahrhundert aber war, abgesehen von den hervorragenden Geistern, welche die Wissenschaft schufen, die mathematische Bildung noch eine viel zu geringe, als dafs die Korpuskulartheorie auf Verständnis und Förderung von der Seite, auf welcher allein ihr wissenschaftlicher Wert lag, hätte rechnen können. Man hielt sich daher an das „Konkrete.“ Man versah die Korpuskeln mit Häkchen und Schräubchen und machte alles möglichst sinnlich und anschaulich, um doch etwas für die Vorstellung zu haben, da mit den substanziellen Formen zur Erklärung der einzelnen Erscheinungen nichts anzufangen war. Thatsächlich aber sank damit die Korpuskulartheorie auf eine Stufe, welche sie ebenso unfähig zur kausalen Erklärung der einzelnen Erscheinung machte wie die aristotelische Physik. Denn auch ihr fehlte die mathematische Begründung, es fehlte die Möglichkeit, die Vervollkommnung der theoretischen Mechanik auf die Mechanik der Atome zu übertragen. Die Wirkung im Einzelnen blieb daher immer unbestimmt. Es liefs sich zwar sagen, dafs die spitzen oder scharfen Korpuskeln so oder so wirken müfsten, aber wenn jemand behauptete, es müfste gerade umgekehrt sein, so konnte man auch nichts dagegen beweisen.

In diesem Gefühle macht sich JOHANN I. BERNOULLI (1667—1748) in seiner Jugendarbeit von der Effervescenz und Fermentation [1]

[1] *Dissertatio de Effervescentia et fermentatione Nova Hypothesi fundata,* quam publice discutiendam exhibuit JOANNES BERNOULLI, Basil. auctor. D. 19. Sept. Ann. 1690. In *Opera omnia,* Lausannae et Genevae 1742. T. I p. 1—44.

über die zahllosen Hypothesen der Physiker und Chemiker lustig, welche meistens nur darin übereinstimmten, dafs sie dunkel, konfus und unverständlich genug seien, um die auf ihnen errichteten Schlüsse als eine Chimäre erscheinen zu lassen.[1] Trotzdem läfst er sich nicht abhalten, selbst eine neue korpuskulare Theorie jener Erscheinungen hinzuzufügen, die eine der reichsten Quellen der Hypothesenbildungen waren. Man verstand darunter diejenigen chemischen Prozesse, bei denen sich Gase, meist unter Blasenbildung, entwickeln. Bernoulli hält Effervescenz und Gärung für nur dem Grade nach verschieden; sie entstehen bei der Mischung zweier flüssigen, eines

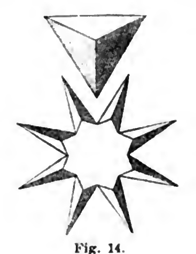


Fig. 14.

Particula corporis agentis infixa in particulam corporis patientis.

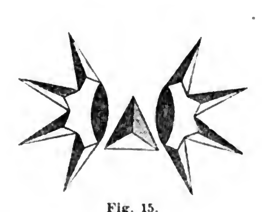


Fig. 15.

Particula corporis patientis diffracta a particula corporis agentis.

festen und eines flüssigen oder zweier festen Körper;[2] von letzterer Art sei jedoch bisher nur ein Beispiel bekannt, nämlich die von Th. Bartholinus entdeckte Wirkung von pulverisiertem Antimon und Quecksilbersublimat.[3] Bernoulli nimmt an, dafs alle Körper in ihren kleinsten Teilchen Luft in zusammengedrücktem Zustande eingeschlossen enthalten, sowie dafs die Luft sehr elastisch sei und beim Freiwerden sich mit Gewalt ausdehne. Zur Effervescenz gehören nun zwei Körper, ein *agens*, welches der Säure, und ein *patiens*, welches dem Alkali der Chemiker entspricht. Das Agens besteht aus regulären Tetraedern, das Patiens aus (vermutlich vierseitigen) Pyramiden, die mit ihren Basen aneinander stofsen. Abbildungen (s. Fig. 14, 15)

[1] A. a. O. Praef. p. 4. — [2] A. a. O. p. 8, 9. — [3] A. a. O. p. 29.

erläutern die Wirkung der Korpuskeln, welche darin besteht, dafs die Teilchen des Agens sich in die Ausbuchtungen der Partikeln des Patiens klemmen und sie auseinander sprengen, wodurch die Luft frei wird.[1] BERNOULLI sucht seiner Theorie einen Anschein von Berechtigung zu geben, indem er die für die Korpuskeln angenommene Gestalt als die einzig mögliche nachzuweisen sucht. Die Teilchen des Agens müssen nämlich wegen der gleichmäfsigen Wirkung nach allen Seiten regelmäfsig, wegen ihrer spaltenden Wirkung aber an den Kanten scharf sein, eine Bedingung, der nur die regulären Tetraeder genügen. Die Erfüllung der Teilchen aller Körper mit komprimierter Luft benutzt er zu einer allgemeinen Erklärung der Elasticität der Körper. Denn die mit Luft gefüllten Korpuskeln wirken wie elastische Blasen; wenn sie beim Anprall der Körper teilweise platzen, so entweicht die Luft, und der Körper kann nicht mit voller Kraft zurückspringen; letzteres ist bei den nicht vollkommen elastischen Körpern der Fall.[2] Woher die Elasticität der Luft stammt, ist dann eine andre Frage, auf die BERNOULLI hier nicht eingeht.

So urteilt ein Mann vom Scharfsinne BERNOULLIS,[3] der sich der Willkür der korpuskularen Hypothesen voll bewufst ist, und dessen Abhandlung im übrigen für die Geschichte der Physik und Chemie wertvolle Entdeckungen über die Bildung und Natur der Gase enthält. Aber die Lust an der korpuskularen Hypothese hat sich einmal der Wissenschaft bemächtigt und herrscht noch weit in das 18. Jahrhundert hinein. Jede neu entdeckte Erscheinung gibt sogleich einen lebhaft ergriffenen Anlafs zu einer Reihe neuer Hypothesen; und alles wird als leicht erklärlich angesehen. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern u. a. die Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Barometer, welche sofort eine Flut von Litteratur hervorriefen, in denen es von Hypothesen wimmelt.[4] Wir müssen darauf verzichten, auf weitere Einzelheiten einzugehen.

---

[1] A. a. O. p. 14. — [2] A. a. O. p. 25.

[3] Über BERNOULLIS spätere Theorie s. II S. 434 f.

[4] S. GÜNTHER, *Das leuchtende Barometer, eine Episode aus der Atomistik und der Naturphilosophie des 18. Jahrhunderts. Zeitschr. Kosmos,* III Jahrg. H. 10. S. 278 ff.

Im Gegensatz zu allen diesen Hypothesenbildungen, daher auch ein Gegner DESCARTES', steht als Vertreter einer rein empirischen Experimentalphysik der hochverdiente Physiker EDME MARIOTTE[1] († 1684). Er beschränkt sich durchaus auf die Beschreibung der durch die Versuche festgestellten Thatsachen, und wenn er einmal, wie in der Abhandlung über die Vegetation der Pflanzen,[2] einige theoretische Annahmen nicht umgehen kann, bedient er sich der ziemlich unbestimmten Ausdrücke der Chemiker. Freilich kann er nicht ganz die korpuskularen[3] Vorstellungen vermeiden, er mufs von Teilchen der Luft, des Wassers u. s. w. sprechen, aber er legt ihnen keinen erklärenden Wert bei. Alle metaphysischen Ableitungen erscheinen ihm unsicher; in seiner Logik[4] setzt er gewisse empirische Prinzipien, Maximen oder natürliche Regeln als nicht weiter ableitbar voraus.[5] Besonders aber erklärt er sich gegen das vorzeitige Theoretisieren. Unter den sechs Hauptursachen, die er für die geringen bisherigen Fortschritte der Naturforschung anführt, nennt er als fünfte die Sucht vieler Philosophen, von allem Gründe angeben zu wollen, so dafs sie ohne genügende Beobachtungen ihre Hypothesen willkürlich auf das Erste bauen, was sie bemerken, weshalb diese denn meistens unzureichend seien.[6]

Es ist verständlich, dafs die bedeutenden Geister, welche einen tieferen Einblick in die Bedingungen der Naturerkenntnis und zugleich das Interesse für die Aufdeckung der Thatsachen besafsen, jenem Mifsbrauch der Korpuskularhypothese abweisend gegenüberstanden. HUYGENS und NEWTON empfanden es ebenso wie MARIOTTE als ungehörig, dafs man so schnell bereit war, für jede Erscheinung sofort eine Erklärung bei der Hand zu haben. In diesem Sinne äufsert sich HUYGENS abweisend gegen

[1] *Oeuvres* de Mr. MARIOTTE, de l'Académie Royale des Sciences; divisées en deux tomes. A. Leide 1717.

[2] Zuerst Paris 1676. *Oeuvres* p. 121 ff.

[3] Vgl. seine Äufserungen über die Gestalt und Bewegung der Queck silberteilchen, in *Traité du mouvement des eaux*, 1. partie, 1. Discours. *Oeuvr.* p. 332.

[4] *Essai de Logique, Oeuvres* II p. 609 ff.

[5] A. a. O. p. 656.

[6] A. a. O. p. 659.

seinen Freund Tschirnhaus in Bezug auf dessen *Medicina mentis*.[1] Bei Newton ging diese Abneigung so weit, daſs er sich überhaupt gegen jede Hypothesenbildung erklärte und nur die mathematische Beschreibung der beobachteten Erscheinungen unter Ablehnung jeder zusammenfassenden Theorie der Materie bezweckte. Der Miſsbrauch der Korpuskulartheorie erklärt diese Reaktion gegen die Hypothese überhaupt. Ihre innere Berechtigung lag in der Unmöglichkeit, mit der vorhandenen Korpuskulartheorie weiterzukommen. Für den Weg, welchen Huygens einschlug, war die mathematische Vorbedingung noch nicht vorhanden, und ohne diese vermochte man die Wechselwirkung der Atome nicht zu bewältigen. Newtons anziehende Kraft aber erschloss, wenn einmal das erste Bedenken überwunden war, auch der populären Darstellung der Atomistik ein neues Feld; das Anziehen und Abstoſsen der Atome lieſs sich anthropomorphistisch deuten, die alten Vorstellungen von Liebe und Haſs bekamen ein modernes Gewand, und so konnte in dem neuen Kleide die Korpuskulartheorie einen neuen Siegeszug antreten. Das mechanische Feld aber ist damit verlassen, und mit der dynamischen Theorie zieht zugleich die metaphysische Deutung ein.

---

[1] Brief vom 10. März 1687 in *Ad Spinozae Opera supplementum* ed. van Vloten, Amstel. 1862 p. 337. „Ich wundere mich über Dein Vertrauen auf Deine Methode, daſs Du versprichst, es werde in der Physik nichts Unzugängliches und Unerforschtes geben .... wo ich noch die höchsten Schwierigkeiten finde, die nur werden überwunden werden können, wenn man vom Experiment beginnt und dann Hypothesen hinzunimmt .... Aber immer bleibt noch sehr groſse Arbeit übrig, und dazu gehört nicht bloſs ausgezeichneter Scharfsinn, sondern oft auch ein wenig Glück.“

Fünfter Abschnitt.

Beseelte Körper und ausgedehnte Geister.

Im Gegensatz nicht blofs zu den substanziellen Formen des Aristoteles, sondern auch zu dem mit platonischen Elementen durchsetzten Hylozoismus und Vitalismus hatte sich die kinetische Theorie der Materie entwickelt, um mathematische Naturerkenntnis an Stelle anthropomorphistischer Spekulationen zu setzen. Aber diese Richtungen waren nicht ausgestorben, wenn auch durch die Erfolge von Galilei, Descartes, Gassendi und Hobbes zurückgedrängt. Sie traten aufs neue und immer siegreicher hervor, je mehr die Korpuskulartheorie sich unfähig erwies, in der Gestalt, in welcher sie vorlag, die mathematische Naturerklärung thatsächlich durchzuführen. Das belebende Prinzip der Materie, der Archäus des Paracelsus, erhält sich besonders in der Naturauffassung der Chemiker und führt, wie man an beiden Helmonts sieht, leicht zum Mystizismus.

Dieses belebende Prinzip verbindet Marcus Marci von Kronland (1595—1667) mit der aristotelischen Form und macht es als bildende Idee (idea operatrix, formatrix) zur wirkenden Kraft in der Natur. Diese bildende Idee ist eigentliche Wesenheit, die sich selbst vollendet und nichts aufser sich hat. Mit Ausnahme der rationalen Seele entstehen keinerlei neue Formen. Nur in dieser Hinsicht berührt sich die Theorie des Marci mit der Atomistik, weshalb er sich auf Demokrit und Anaxagoras glaubt berufen zu können; im übrigen hat sie mit der Atomistik nichts gemein. Zwar gebraucht Marci das Wort Atom unbedenklich,[1] um damit kleine Stoffteilchen zu bezeichnen, aber er erklärt sich gegen das Vacuum[2] und weist die Erklärungen aus den Gestalten der Atome Digby[3] und Gassendi[4] gegenüber ab.

---

[1] Johannis Marci Marci a Kronland *Philosophia vetus restituta partibus V comprehensa.* Denuo recusa. Francof. et Lipsiae 1667. (1. Ausgabe Prag 1662.) p. 166.

[2] A. a. O. p. 210 ff. — [3] A. a. O. p. 517 ff. — [4] A. a. O. p. 530.

Seine ganze Lehre steht im Gegensatze zur mechanischen Theorie und faſst die Naturentwickelung als eine auf inneren Vorstellungskräften beruhende Metamorphose auf,[1] welche wissenschaftliche Naturerkenntnis trotz der entgegengesetzten Absicht des Verfassers ausschlieſst.

Die stärkste und entschiedenste Gegnerschaft fand die mechanische Naturauffassung in England, wo der Orthodoxismus mit der Gedankenwelt der Forscher aufs innigste verwachsen war und daher theologische Motive am lebhaftesten wirkten. Jene Neigung zur Induktion und zum Empirismus, die sich in Bacons und Lockes Philosophie ausspricht und das englische Denken vorzugsweise beherrscht, wurde gerade unter dem Einflusse orthodoxer Gesinnung eine Gefahr für die selbständige Ausbildung der Auffassung der Körperwelt als eines Mechanismus. Denn wer die Quelle der Erkenntnis und die Entscheidung über die Wahrheit einer Theorie in der sinnlichen Erfahrung suchte, der konnte dem Materialismus nicht entfliehen, wenn er dem Mechanismus recht gab. Nur derjenige, welcher die Möglichkeit der Erkenntnis und die Gesetzlichkeit der Natur auf das Wesen des Begriffs gründet, weil dieser allein Allgemeingiltigkeit zu bieten vermag, nur der erkennt, daſs der Mechanismus der Natur eine notwendige Bedingung ihrer Möglichkeit ist, und daſs jede Einmischung eines aus dem Leben der Triebe, des Bewuſstseins oder des Willens entlehnten Prinzips die Möglichkeit des Naturerkennens aufhebt und den Tod der Naturphilosophie, d. h. der mathematischen Naturwissenschaft bedeutet. Hier kann der Mechanismus niemals in Materialismus umschlagen, weil die Sinnenwelt ihre gesetzliche Einheit erst im Begriffe erhält. Für den dogmatischen Sensualismus und Empirismus aber stellt die mechanische Naturauffassung die Welt dar, wie sie an sich ist, und es bleibt kein Raum für das Leben des Geistes. Ist nun das theologische Motiv so mächtig, daſs der Materialismus als die furchtbarste Gefahr erscheint, so muſs alles aufgeboten werden, um in der Körperwelt das rein mechanische Geschehen als unzureichend

[1] Vgl. G. E. Guhrauer, *Marcus Marci und seine philosophischen Schriften. Zeitschr. f. Philosophie u. phil. Kritik*, herausg. v. Fichte etc. Neue Folge XXI, Halle 1852, S. 241 ff.

zu erweisen und eine geistige Welt als die tiefer liegende Realität in das Naturgeschehen hineinzudeuten. Deshalb sehen wir von England die stärkste Reaktion gegen den Mechanismus ausgehen und schliefslich durch das Genie Newtons zum Siege gelangen.

Theologische Motive sind es, weshalb Samuel Parker († 1688) die atomistische Physik bekämpft und Ralph Cudworth (1617—1688) in seinem umfangreichen *Intellektualsystem* auf platonischen Grundlagen alle mechanische Naturerklärung als atheistisch bekämpft.[1] Er will nicht nur die Zweckursachen wieder in die Physik eingeführt wissen, sondern die Welt als von göttlichen Kräften getragen und die Materie von bildenden Thätigkeiten belebt ansehen, welche als plastische Naturen (vis plastica) die Wirkungen Gottes vermitteln und die Veränderungen der Dinge leiten.

Diese mystischen, aus der Naturphilosophie des 15. Jahrhunderts stammenden Einflüsse kommen nicht weniger in dem Hylozoismus bedeutender Ärzte zur Geltung und werden hier um so gefährlicher, als sie die unklare Vorstellung von der Allbelebung der Materie mit der Korpuskulartheorie verbinden und dadurch die Wirkungsweise lebender Wesen und dynamischer Kräfte konfundieren. Hier ist der zur chemiatrischen Schule des Sylvius gehörende, schon bei der Besprechung von Leibniz erwähnte (s. II S. 461) als Arzt hochverdiente Thomas Willis (1621/22—1675) zu nennen, welcher an Stelle des chemischen Prinzips *Mercurius* den *Spiritus* als aktives Element setzt.[2] Die Materie ist ihm zufolge nicht passiv, sondern die Atome besitzen aktive Eigenbewegung, durch welche sie sich Poren und Gänge verschaffen und von einem Subjekt ins andre wandern.[3]

Einen vollständigen Hylozoismus hat Francis Glisson (1597—1677) durch die Annahme seiner energetischen

---

[1] Rudolphi Cudworthi *Systema intellectuale hujus universi* etc., quibus omnis eorum philosophia, qui deum esse negant, funditus evertitur. Lat. vertit, recensuit etc. Jo. Laur. Moshemius. Lugd. Bat. 1773. Die 1. Ausg. erschien unter d. Titel: *The true intellectual system of the universe* etc. London 1678.

[2] Haser, *Gesch. d. Med.* II S. 382.

[3] Jules Soury, *Über die hylozoistischen Ansichten der neueren Philosophen. Zeitschr. „Kosmos“*, 5. Jahrg. 1881. S. 244.

Natur der Substanz ausgebildet.[1] Er will beweisen, dafs die Substanz Empfindung, Streben und Bewegung, mit einem Worte, Leben besitzt. Die *materia prima* ist sich der ihr fehlenden Fähigkeiten bewufst und erstrebt daher die zu ihrer Ergänzung notwendige Form.[2] Sie ist jedoch nicht das Prinzip der Veränderung, weil sie die ihr zugehörige Form nicht abwerfen kann. Hierzu gehört die *materia secunda*, welche das Prinzip der Korruption in sich enthält und dadurch die Ursache der Veränderung wird; diese ist eine äufsere, ein Streben nach Assimilation und Übertragung der eigenen Eigenschaft, und eine innere, eine Unfähigkeit, der Veränderung zu widerstehen.[3] Die Materie, welche die Form einschliefst, ist erst die vollkommene Substanz, der physische Körper im allgemeinen.[4] Diese Substanzen nun besitzen energetische Natur, d. h. sie leben.[5] Die Natur der Substanz selbst ist das innere Bewegungsprinzip, und das sich Bewegende ist sich seiner Bewegung bewufst. Die Substanzen können sich aber auch durchdringen. Denn die Undurchdringlichkeit ist nur die Folge der aktualen Quantität, wodurch sich die Substanzen voneinander ausschliefsen. Die Quantität aber ist veränderlich. Warum also sollte nicht eine materielle Substanz eine andre Substanz unter Veränderung der Quantität und Annahme einer beiden gemeinsamen durchdringen? Nur die Masse der Materie hindert die Durchdringung, aber auch nicht einmal diese, wenn nicht eine so grofse Menge Materie in so enge Schranken zusammengedrängt ist, dafs die Dichtigkeit der Materie selbst ein weiteres Eintreten zurückweist.[6] Man braucht demnach vor dem Namen Durchdringung nicht so zurückzuschrecken. Jedenfalls ist es des Philosophen würdiger, eine Durchdringung als ein Vacuum anzunehmen. Die chemische Verbindung, die Ernährung, die Transspiration und zahlreiche andre Erfahrungen beweisen die Thatsächlichkeit der Durchdringung. Es gibt eine spontane Ausdehnung und Zusammenziehung der Materie. Da-

[1] *Tractatus de Natura Substantiae energetica, seu de vita naturae ejusque tribus primis facultatibus, I Perceptiva, II Appetitira, et III Motiva, naturalibus*: etc. Authore FRANCISCO GLISSONIO. Londini 1672. — Besprochen in *Philos. Transact. Lond.* 1672, p. 5076. Über GLISSON vgl. auch SOURY, a. a. O. S. 245 f.
[2] *Tract.* etc. p. 90, 91. — [3] A. a. O. p. 115, 116. — [4] A. a. O. p. 120.
[5] A. a. O. p. 190, 217. — [6] A. a. O. p. 406, 407.

durch wird jedoch nur das Volumen (quantitas) der Materie, nicht aber ihre Menge (copia) geändert; letztere kann nur durch die Bewegung der Einigung oder Teilung, d. h. durch das Hinzutreten oder Abreifsen von Teilen geschehen.[1]

Bei dieser Auffassung der Verdichtung und Verdünnung, welche wohl zweifellos unter dem Einflusse DIGBYS steht, bedarf GLISSON keiner Atome. Er erklärt sich daher ebenso wie gegen das Vacuum auch gegen die Atome, deren Textur und Aneinanderlagerung keineswegs zur Erklärung der Erscheinungen genüge.[2] Aufserdem würde hierbei die Frage nach der Bewegung eine offene bleiben. Nach GLISSON hat vielmehr jedes Teilchen der Materie eine innere bewegende Kraft, und da es zugleich Perception und Trieb besitzt, so wird damit die mechanische Naturerklärung hinfällig. Freilich ist nicht einzusehen, wie aus jenen hylozoistischen Prinzipien eine Erkenntnis der Natur möglich sein soll.

Das energetische Prinzip, welches GLISSON in die Teile der Materie legt, streift schon nahe an die Vorstellung der dynamischen Punkte, welche sich ausdehnen, zusammenziehen und mit ihren Sphären durchdringen. Es liegt hier der Versuch vor, durch eine passende Zusammenarbeitung der aristotelischen Formen mit dem Archäus der Chemiker eine auf physiologische Erfahrungen gestützte Theorie der Natur zu erhalten, welche der mechanischen Naturwissenschaft entgegentritt. Aber gerade die Willkür, welche in der Beseelung der Teile liegt und es zu keiner bestimmbaren Naturgesetzlichkeit kommen läfst, machte diese Theorie dem Mathematiker und Physiker kaum annehmbar und daher der kinetischen Theorie weniger gefährlich. Bedenklicher in dieser Hinsicht war die Lehre HENRY MORES (1614—1687), weil sie sich mit der kinetischen Theorie viel enger berührte, den Körperteilchen volle Undurchdringlichkeit und Unveränderlichkeit liefs und, ohne die Aufhebung der mechanischen Bewegungsgesetze zu fordern, nur dem Prinzip der Bewegung in der spirituellen Erfüllung des Raumes eine metaphysische Deutung lieh.

MORE ist ein grofser Verehrer DESCARTES' und vieler seiner physikalischen Lehren, insbesondere schliefst er sich an die

[1] A. a. O. p. 435. — [2] A. a. O. p. 463 ff.

cartesische Korpuskulartheorie ausdrücklich an;[1] aber er kann sich mit der Begründung derselben nicht begnügen.

Seiner Überzeugung nach ist das Wesen der Ausgedehntheit nicht mit dem Körperlichen erschöpft und die Ursache der Veränderungen in der Natur aus dem mechanischen Stofs allein nicht erklärbar.[2] Gott erschiene ihm sonst aus der Welt ausgeschlossen, welche ganz und gar von Körpern erfüllt ist. Daher versucht er das Verhältnis der Ausdehnung zur körperlichen und geistigen Substanz anders zu bestimmen.[3]

Der Körper ist nach MORE eine materielle Substanz, welche aller Empfindung, alles Lebens und aller selbständigen Bewegung völlig bar, nur durch fremde Kraft vereinigt werden und zum Anteil an Leben und Bewegung gelangen kann.[4] Diese materielle Substanz besteht ganz wie bei DESCARTES aus einer Anhäufung starrer Partikeln von verschiedener Gestalt, welche dem Stoffe nach gleichartig sind. Die Teilung der Materie ist nämlich aktuell soweit vollzogen, als dies überhaupt in physischer Hinsicht stattfinden kann. Die letzten Teile besitzen allerdings noch eine gewisse Ausdehnung, aber die eigentlich physische Gröfse und damit ihre physische Teilbarkeit ist aufgehoben. Sie heifsen daher physische Einheiten, *monades physicae.* Ob sie bei ihrer unendlichen Kleinheit rund sind oder überhaupt eine bestimmte Gestalt besitzen, bleibt dahingestellt; jedenfalls sind alle Körper aus ihnen zusammengesetzt. Sie können sich weder durchdringen, noch durch ihre eigene Beschaffenheit zusammenhängen; sie berühren sich, sind jedoch *actu* frei, sie können sich bewegen, sind aber von selbst unbewegt.[5]

Die Bewegung der Materie rührt allein von der geistigen Substanz, dem „hylarchischen Prinzip" oder dem *Spiritus naturae* her. Diese Substanz wird durch die Prädikate bestimmt, welche

---

[1] *Opera omnia* ed. JOH. COCKSHUT. Londini 1679. T. I p. 342.

[2] S. d. Briefe MORES an DESCARTES, *Oeuvr.* de DESCARTES X, p. 178 ff.

[3] *Enchiridium metaphysicum. Op.* I p. 131 ff. Dasselbe erschien zuerst Lond. 1674. — Vgl. BRUCKER, IV p. 442. STURM, *Phys. elect.* I p. 44. Insbesondere ROBERT ZIMMERMANN, *Henry More u. d. vierte Dimension des Raumes, Wiener Sitzungsber., hist.-phil. Kl.* 1881, Bd. 98, S. 403 ff.

[4] *Enchir. met.* c. 28 § 2, *Op.* I p. 317.

[5] *Enchir. met.* c. 9, *Op.* I p. 173, 174.

denjenigen des Körpers genau entgegengesetzt sind; sie ist immateriell, besitzt Leben und ist mit der Fähigkeit begabt, sich von innen heraus zu bewegen.[1] Des Denkens ist sie nicht fähig, sondern sie ist nur belebt (vitalis), d. h. ein mit plastischem Vermögen begabter *Spiritus*, kraft dessen er die Materie nach gewissen allgemeinen Gesetzen ordnet, welche die göttliche Weisheit ihm *vitaliter et essentialiter*, jedoch nicht *intellectualiter* eingepflanzt hat.[2]

Demnach kommt die Ausdehnung nicht blofs dem Körper, sondern auch dem Spiritus zu, welcher eine immaterielle Ausdehnung des Raumes darstellt, die ebenfalls Realität besitzt. Die Wirkung dieses Spiritus auf die Körper ist dadurch ermöglicht, dafs beiden zwar die Ausdehnung gemeinsam ist, der Spiritus jedoch, oder vielmehr die Vielheit der Geister, nicht Undurchdringlichkeit besitzt. Die Geister erfreuen sich der Fähigkeit, ihren Umfang in einen gröfseren oder kleineren Raum zu verändern, sich auszudehnen oder zusammenzuziehen, ohne dafs sie hierbei an ihrer Essenz der Ausdehnung verlieren. Während die Dichtigkeit der Materie nur durch mechanische Ausscheidung oder Zufügung geändert werden kann, vermögen die Geister nicht nur spontan Gestalt und Lage, sondern auch ihr Volumen zu wechseln, ohne dabei etwas an ihrem ausgedehnten Wesen einzubüfsen, d. h. sie erhalten eine gröfsere Verdichtung oder Verdünnung. Sie können sich nicht nur gegenseitig, sondern auch die Körper selbst durchdringen. Daher vermag in demselben Raumteile an geistiger, immaterieller Substanz ein Mehr oder Minder vorhanden zu sein. Der von keinem Körper erfüllte Raum ist nicht leer, sondern mit Spiritus erfüllt, aber die Anwesenheit dieses ausgedehnten immateriellen Geistes hindert nicht die Aufnahme der materiellen Körper. Diese Eigenschaft der immateriellen Substanz, welche nicht dem Raume, sondern dem Inhalte desselben zukommt, nennt More die Wesensdichtigkeit (spissitudo essentiae) und bezeichnet sie auch als „vierte Dimension."[3] Hierbei ist jedoch nicht an den

[1] *Enchir. met.* c. 28. § 3. p. 318. — [2] *Op.* I p. 362.

[3] *Enchir. metaph.* I, c. 28. § 7. *Op.* I p. 320. . . . ita ut ubicunque vel plures vel plus essentiae in aliquo Ubi continetur quam quod amplitudinem hujus adaequat, ibi agnoscatur *quarta haec dimensio*, quam appello *spissitudinem essentialem*. — Die *Spiss. essent.* bezeichnet schon im Mittelalter die qualitative

modernen metageometrischen Begriff, sondern an eine hyperphysische Eigenschaft des Geistes zu denken.[1]

Die Kontraktion der Spiritus erinnert an die Veränderung, auf welche DIGBY und GLISSON die Verdichtung der Materie zurückgeführt hatten. Aber während bei diesen die materielle Substanz selbst in gröfserem oder geringerem Grade an der Quantität teilnehmen konnte, bleibt sie bei MORE unveränderlich, und alles Geschehen fällt in die Thätigkeit der immateriellen Substanz oder des hylarchischen Prinzips. In diesem besitzt er nun neben der Körperwelt eine zweite ausgedehnte Welt, welche die Trägerin der Kräfte ist. Das hylarchische Prinzip bewegt lebendig die Körperteilchen nach Mafsgabe der für die Natur und die Organismen erspriefslichen Ordnung, es bewirkt ihren Druck und vermag ebensogut ihren Druck aufzuheben.[2] So wird dasselbe insbesondere als willkommenes Auskunftsmittel bei den hydrostatischen Problemen gebraucht, die nach MORE zu ihrer Erklärung dasselbe als unentbehrlich erfordern.[3]

Man sieht, dafs mit einem solchen Prinzip jede wissenschaftliche Erklärung aufgehoben wird; es ist das eigentliche *asylum ignorantiae*, in welches jede physikalisch unerklärbare Wirkung sich flüchten kann. Trotzdem bietet sich von hier ein Übergang zur mathematischen Naturwissenschaft, welcher jene Gefahr für die Physik aufhebt, für die Philosophie aber um so tötlicher macht. Das Band der Wechselwirkung nämlich zwischen den als lebenden Geistern lokalisierten Naturkräften ist der Raum. In ihm sind sowohl die Körper als die Geister, und durch seine Immaterialität ist er allen Geistern verwandt. Da nun der Raum zugleich ein einziger und unendlicher ist, so bietet er eine Vermittelung dar zwischen den einzelnen, endlichen und begrenzten Geistern, und dem einzigen und unendlichen Geiste, Gott.

Durchdringung der Körper, deren Annahme aus der stoischen Lehre von der Körperlichkeit der Qualitäten hervorging. Es mag hier nachgetragen werden, dafs die Lehre von dem alles durchdringenden Spiritus (πνεῦμα) ganz besonders durch die unter dem Namen des ARISTOTELES gehende Schrift stoischen Ursprungs „περὶ κόσμου“ befördert worden war. S. PRANTL, *Die Keime der Alchemie bei den Alten, Deutsche Vierteljahrsschrift*, 1856, S. 147.

[1] Vgl. ZIMMERMANN, a. a. O. S. 438 f. 445 f. u. a.

[2] *Ench. met.* c. 13, Schol. *Op.* I p. 222.

[3] A. a. O. c. 13, § 10. p. 214, 215.

Hier ist der Punkt, an welchem die sonst in Mystizismus sich verlierende Geistertheorie Mores in die Geschichte der mechanischen Naturwissenschaft und der Naturphilosophie umgestaltend eingriff, und zwar dadurch, dafs die Entdeckung der Fernwirkung der Gravitation dem zum Mystizismus und zur Theosophie prädisponierten Geiste Newtons eine mathematische und empirische Bestätigung dafür zu enthalten schien, dafs der immaterielle und unkörperliche Raum wirklich eine Substanz sei, erfüllt von der Gegenwart Gottes als eines unendlichen Geistes, und daher fähig, die materiell nicht begreifbare Fernwirkung durch eine immaterielle Vermittelung zu ersetzen. Die persönlichen Beziehungen Newtons zu der Lehre Mores, an denen es nicht gefehlt haben mag, können wir hier nicht verfolgen. Wir beschränken uns darauf, auf die innere Verwandtschaft der zugrunde liegenden Gedanken hinzuweisen.

Die Wechselwirkung der Korpuskeln war ohne die Huygensschen Prinzipien der Mechanik unverständlich und für den Mathematiker unzugänglich. Newton entdeckt ein allgemeines Gesetz der Bewegung, welches alle Teile der Materie in den Weltkörpern wie auf der Erde verbindet. Wo ist die Ursache dieser Bewegung zu suchen? In den Körpern selbst kann sie nicht liegen, denn es ist nicht zu begreifen, wie die Teile eines leblosen Stoffes sich gegenseitig beeinflussen und Bewegung mitteilen können; und könnte man selbst alle scheinbaren Anziehungen auf Stöfse von Ätheratomen zurückführen, so bedürften doch auch diese eines Gesetzes, d. h. eines hinter der Materie und über ihr liegenden Prinzips. Nun ist aber der unendliche, absolute Raum eine Realität. Wenn nach More der Raum zugleich die spirituelle, mit Selbstbewegung begabte und ausgedehnte Substanz ist, so liegt es nahe zu schliefsen, dafs er auch der Träger der Fernwirkung ist. Die Gravitation wirkt nicht proportional den Oberflächen, in denen sich doch blofs Körper berühren können, sondern proportional den Massen; das setzt eine Gemeinsamkeit der ganzen Körper in ihrer Wechselbeziehung voraus, wie sie nur Substanzen zukommen kann, die den ganzen Körper durchdringen. Ist nun der Raum von der lebendigen Weltseele erfüllt, welche den gesamten Stoff durchdringt, so wird es denkbar, dafs die An-

ziehung der Körper die Wirkung der sie durchdringenden, beweglichen Weltseele in dem selbst in absoluter Ruhe verharrenden Raume ist. Dafs sich die Körper so verhalten, als ob sie sich aus der Ferne anziehen, ist mathematisch erwiesen. Diese Thatsache kann nun umgekehrt dazu dienen, die Existenz Gottes als unendlichen Geistes zu beweisen. Dann freilich wird die Physik auf Metaphysik gegründet. Es fällt das Bedürfnis fort, nach den Prinzipien zu suchen, welche aus dem Begriffe des Körpers und der Bewegung die Gesetzlichkeit der Natur bestimmen. Das erkenntniskritische Interesse schwindet aus der Naturforschung und darf zunächst auf keine bewufste Förderung hoffen; das mathematische allein waltet ob. Dies ist der Charakter der Physik des 18. Jahrhunderts, welchen Newton ihr aufgedrückt hat. Die naturwissenschaftliche Veranlassung, welche zu diesem merkwürdigen metaphysischen Ausgange führte, war das Problem der Schwere und die zu diesem Zwecke vorgenommene Ausbildung der Attraktionsvorstellung.

Sechster Abschnitt.

Die Attraktionshypothesen.

„Die Verschiedenheit der Meinungen über den Ursprung der Körperschwere, von denen bisher keine einzige durch Beweis bestätigt oder widerlegt werden konnte, ist ein gewichtiges Zeugnis für die in diesem Punkte herrschende menschliche Unwissenheit.“[1] Diese Worte Pascals, welche in gewisser Hinsicht noch heute gelten können, weisen auf das Problem hin, dessen Unlösbarkeit für die Korpuskulartheorie verhängnisvoll wurde. Je genauer die Gesetze der Schwere erforscht wurden, um so schwieriger gestaltete sich ihre mechanische Erklärung, um so mehr glaubte man mit den Prinzipien einer kinetischen Mechanik nicht auszukommen und flüchtete zuletzt zur Kon-

[1] *Oeuvres de* Blaise Pascal. A la Haye 1779. T. 4. p. 390.

stituierung einer neuen Eigenschaft der Materie, zum Begriffe einer konstanten Kraft und einer allgemeinen Attraktion.

Der Gedanke, dafs die Körper und ihre Teile sich gegenseitig anziehen, ist so alt, als die anthropomorphistische Weltanschauung des Hylozoismus, nach welcher die Dinge beseelt gedacht werden und mit Hafs und Liebe, Antipathie und Sympathie aufeinander wirken, Affektionen, die sich in der räumlichen Bewegung als Entfernung und Annäherung geltend machen. Wird der innere, nach Analogie des Willens gedachte Trieb als Ursache der Bewegung angesprochen, so redet man von einer Abstofsung und Anziehung. Die empirische Thatsache, welche zuerst Veranlassung gab, den Begriff der Anziehung als physikalischen Erklärungsgrund hervorzuheben, ist ohne Zweifel die magnetische Eigenschaft des Eisens. Die Geschichte der Attraktionsvorstellungen zeigt, dafs diese zunächst mit Rücksicht auf den Magnetismus physikalisches Leben gewinnen. Ihre grundlegende Bedeutung aber erhalten sie durch die Übertragung dieser Analogie auf die Himmelskörper. Sobald durch Coppernikus die Krystallschalen der Planetensphären durchbrochen waren und die Erde mit den Sternen frei im Raume schwebte, mufste man nach einem zusammenhaltenden Bande suchen, welches die Planeten an die Sonne fesselte. Jetzt erst, und zwar gleichzeitig mit dieser Frage der astronomischen Physik, trat auch das Problem der irdischen Schwere als ein gesondertes auf. So lange die Erde im Mittelpunkte des Universums als das Zentrum der gesamten Körperwelt ruhte, drängte die aristotelische Erklärung der Schwere aus den Grundeigenschaften der Elemente nach keiner mechanischen Lösung. Die Elemente haben einen natürlichen Ort und eine natürliche Bewegung nach demselben, und dieser Ort ist absolut, bestimmt durch die Lage zum ruhenden Weltzentrum, welches mit dem Mittelpunkt der Erde zusammenfällt. Die irdische Schwere ist daher zugleich die Weltschwere, und diese bedarf als elementare Qualität keiner Ableitung. Mit dem Herausrücken der Erde aus dem Weltzentrum fällt diese aristotelische Festsetzung, und es entsteht somit gleichzeitig mit der Frage nach dem kosmischen Bande der Planeten diejenige nach der Kraft, welche die Körper an die Erde fesselt. Es zeigt sich hier wie überall bei der Entwickelung neuer Ge-

danken der Einflufs der Denkgewohnheit; man kann sich zunächst nicht ganz von der alten Vorstellungsweise befreien und sucht dieselbe auf die neuen Verhältnisse zu übertragen. Die Schwere erschien nach Aristoteles als eine Zugehörigkeit zum Orte; der Ort aber ist relativ geworden, beweglich im Raume. Man gibt dies zu, aber man versucht den Begriff der Schwere beizubehalten, sie wird jetzt eine Zugehörigkeit zum relativen Orte des Erdmittelpunkts. Damit ist jedoch eine neue Gedankenreihe eingeleitet. Der absolute Weltmittelpunkt hatte eine Ausnahmestellung; die Schwere auf ihn zu beziehen, forderte keinen besonderen Grund. Der relative Ort der Erde aber ist im Raume nicht mehr geometrisch ausgezeichnet, er ist mit allen übrigen Raumteilen gleichberechtigt. Was ihn vor andern hervorhebt, ist kein räumliches, sondern ein physikalisches Merkmal; er ist lediglich bezeichnet als diejenige Raumstelle, an welcher die irdischen Körper angehäuft sind. Daraus folgt notwendig, dafs nicht mehr die Beziehung zum Weltraum, sondern die Beziehung zu den Körpermassen das Bestimmende für die Richtung und Kraft der Schwere wird. Aber die vom Denkmittel der Substanzialität beherrschte Vorstellung bleibt bestehen, die Schwere wird als ein Accidens der körperlichen Substanz aufgefafst. Galt sie sonst als die Qualität, welche die Vereinigung der schweren Körper um den Weltmittelpunkt bewirkt, so ist sie jetzt die Qualität, welche die Einheit der Körper um die verschiedenen relativen Zentren herstellt. Da die Planeten analog der Erde Weltkörper geworden sind, so sind sie auch Vereinigungszentren von Körpern, ihre Teile besitzen Schwere in Bezug auf sie selbst. Da aber die Planeten selbst wieder das Sonnensystem zusammensetzen, so gibt es auch eine Einheit dieses Systems, d. h. es gibt eine Eigenschaft der Zusammengehörigkeit der Weltkörper, welche ebenfalls Schwere ist, das Streben nach Vereinigung. Dieser Gedanke rührt nicht von Newton her, sondern er ist mit der coppernikanischen Weltauffassung zugleich entstanden. Aber freilich unterscheidet sich das Newtonsche Gravitationsgesetz von jenen unbestimmten Vorstellungen über die Einheit der irdischen und kosmischen Schwere ebenso wie Huygens' Satz der Erhaltung der Kraft von den veranschaulichenden Stofsvorstellungen der ersten Korpuskulartheoretiker;

NEWTON gab durch die mathematische Formel jenen gefühlsartigen Vermutungen den Wert und die Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis. Es ist jedoch ein Unterschied zwischen der Objektivierung der Stofsvorstellung durch HUYGENS und der Anziehungsvorstellung durch NEWTON, nämlich in der Art des subjektiven Vorgangs, des psychologischen Erlebnisses, welches objektiviert wurde; HUYGENS objektivierte eine Empfindung. NEWTON objektivierte ein Gefühl. In letzterem liegt ein Gegensatz zu den Mitteln und Aufgaben der Naturwissenschaft, auf welchen wir die unstillbare Opposition gegen den Begriff der Fernwirkung zurückführen möchten.

Während der Periode, welche die mechanische Naturwissenschaft zur Reife bringt, nähert sich auch die unbestimmte gefühlsmäfsige Vorstellung von der Schwere als einer inneren Einheit, einem Verwandtschaftsbande der Körper, immer mehr dem Begriffe eines in Gröfsenbeziehungen ausdrückbaren Gesetzes, und es entsteht dadurch jene Auffassung der Körper, die man im Gegensatz zur mechanischen eine dynamische genannt hat.[1]

---

[1] Man darf diesen Gebrauch des Wortes „dynamisch" nicht mit demjenigen verwechseln, wonach es der Gegensatz zu „phoronomisch" ist. Wir gebrauchen die Ausdrücke „Phoronomie" und „Dynamik" als Bezeichnungen für die Teile der „Mechanik" als der Lehre von der Bewegung, insofern sie im ersten Falle die Bewegung nur als räumlich-zeitliche Veränderung behandelt, im zweiten zugleich die intensive Gröfse der Energie in Betracht zieht; physikalisch drückt man dies so aus, dafs die Phoronomie nur mit den Einheiten von Raum und Zeit, die Dynamik auch mit derjenigen der Masse rechnet. In der Verbindung „Dynamische Naturauffassung" steht das Wort dynamisch im Gegensatz zu „kinetisch", wie wir lieber zur Vermeidung von Verwechselungen sagen, um dem Worte „mechanisch" seinen allgemeinen Sinn zu bewahren. Kinetische und dynamische Theorie sind daher die beiden Arten der mechanischen Naturauffassung, wie sie z. B. HUYGENS und NEWTON repräsentieren. Hier ist aber das Einteilungsprinzip ein andres als bei der Trennung der Mechanik in Phoronomie und Dynamik, so dafs keineswegs kinetisch und phoronomisch koordiniert sind. Die Kinetik in unsrem Sinne schliefst vielmehr den Begriff der Energie mit ein, und die kinetische und dynamische Theorie unterscheiden sich nur dadurch, dafs die letztere fernwirkende konstante Kräfte annimmt, die erstere nicht. Es wäre daher besser, um den von KANT sanktionierten Gegensatz von Phoronomie und Dynamik aufrecht zu erhalten, im Gegensatz zu kinetisch nicht von dynamischer Theorie zu sprechen, sondern dafür einen andren Terminus einzuführen. Hierzu würde sich der Ausdruck „akinetisch" eignen, weil in der That der charakteristische Gegen-

Anziehung oder Attraktion ist wie der ebenfalls zur Rüstkammer der dynamischen Vorstellungsweise gehörige Begriff des Conatus ein dem Gefühlsleben entnommener bildlicher Ausdruck, um die getrennten Teile eines Systems als unter dem Begriff der Wechselwirkung stehend zu bezeichnen, während eine räumliche Vermittelung zwischen denselben sinnlich nicht wahrnehmbar ist. Daher wird die Ursache des Magnetismus und der Schwere als Anziehung bezeichnet. Wir versuchen der Entwickelung des Begriffs an der Hand einiger litterarischen Hauptstellen zu folgen.

Schon COPPERNIKUS betrachtet die Schwere als eine Eigenschaft, welche den Teilen jedes Himmelskörpers für sich zukommt, um ihre Vereinigung und Erhaltung an ihrem betreffenden Eigenzentrum zu bewirken. „Ich erachte," sagt er, „dafs die Schwere nichts andres ist, als ein gewisser natürlicher Trieb, welcher den Teilen von der göttlichen Vorsehung des Weltschöpfers eingepflanzt ist, damit sie sich in Form der Kugel vereinigend zu ihrer eigenen Einheit und Integrität sich zusammenschliefsen. Diese Affektion wohnt, wie man glauben mufs, auch der Sonne, dem Monde und den übrigen Wandelsternen inne, so dafs sie durch die Wirksamkeit derselben in derjenigen runden Gestalt, in welcher sie sich darstellen, verharren, obwohl sie nichtsdestoweniger in vielerlei Weise ihre Umläufe beschreiben."[1]

An diese Vorstellung von der Schwere als eines Triebs der Vereinigung der Teile zur Einheit des Ganzen, und zwar zur

---

satz der sog. dynamischen Theorie zur kinetischen darin besteht, dafs die erstere auch intensive Wirkung oder Energie o h n e Ortsbewegung kennt, indem sie voraussetzt, dafs auch ruhende Materie durch ihr blofses Dasein auf räumlich davon getrennte Materie Wirkung auszuüben vermag.

[1] *De revolutionibus orbium coelestium.* Norimbergae 1543. L. I c. 9. p. 7. Pluribus ergo existentibus centris, de centro quoque mundi non temere quis dubitabit, an videlicet fuerit istud gravitatis terrenae, an aliud. Equidem existimo, gravitatem non aliud esse, quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant in formam globi coëuntes. Quam affectionem credibile est etiam Soli, Lunae, caeterisque errantium fulgoribus inesse, ut ejus efficacia in ea qua se repraesentant rotunditate permaneant, quae nihilominus multis modis suos efficiunt circumitus. — In m. Abh. *Poggendorffs Ann.* CLIII S. 383 ist diese Stelle durch ein Versehen unter KEPLERS Namen geraten.

eigenen Kugel, klingen die Worte GILBERTS an, die wir bei Besprechung seiner Elementenlehre citierten.[1] Doch tritt bei ihm schon die direkte Abhängigkeit der Intensität dieses Strebens von der Masse der Materie, also die Beachtung des quantitativen Elements auf. Zwar gilt auch GILBERT der Zug der Schwere als eine Art inneren Triebes, der um so heftiger ist, je inniger die frühere Vereinigung der Teile war, aber es ist zu beachten, dafs er diesen Trieb nicht nur allen Teilen eines Weltkörpers in Bezug auf diesen als Ganzes zuschreibt, sondern nebenbei auch schon den Ausdruck *propensio corporis ad corpus* gebraucht, was auf eine Wechselwirkung der Körperteile untereinander hinweist. Dafs die Schwere bei dem Begründer der Lehre vom Magnetismus ganz mit diesem in Analogie gestellt wird, ist nicht überraschend. Diese magnetische Wechselwirkung erstreckt sich sogar bis an den Mond und ist vom Verhältnis der Massen von Erde und Mond abhängig.[2] Hierbei handelt es sich jedoch sowohl um Anziehung als Abstofsung.

Wenn D'ESPAGNET[3] davon spricht, dafs es vielleicht mehrere Welten im Universum gibt, welche untereinander durch das mächtigste Band der Liebe und Notwendigkeit, gleichsam wie durch eine gewisse magnetische Eigenschaft, verbunden sind, so macht sich hier die bildliche Anschauungsweise der italienischen Naturphilosophie geltend, welche die später in dynamische Fassung gebrachte Vorstellung einer anziehenden Wirkung aller materiellen Teilchen aufeinander ohne Zweifel gefördert hat.

FRANCIS BACON scheint die Frage einer allgemeinen Attraktion in Erwägung gezogen zu haben, indem er einen Versuch vorschlägt, um zu entscheiden, ob die schweren Körper vermöge einer inneren Eigenschaft nach dem Mittelpunkte der Erde streben, oder ob sie von der körperlichen Masse der Erde selbst, wie von einer Anhäufung gleichgearteter Körper, angezogen und fortgerissen werden.[4] Er schliefst ganz richtig, dafs in diesem Falle die Schwerkraft mit der Entfernung von der Erde abnehmen müsse, glaubt aber, dafs sie auch im Erd-

---

[1] S. I S. 320 Anm. 1. — [2] *De mundo* l. II c. 19. WHEWELL II S. 147.
[3] Vgl. I S. 337.
[4] *Nov. org.* L. II. art. 36. KIRCHMANNS Übersetzung S. 289.

innern zunehmen müsse. Das Letztere läfst es daher zweifelhaft erscheinen, ob er sich die Wirkung der Erdschwere als die Gesamtwirkung der anziehenden Kraft aller Teilchen vorgestellt hat, weil daraus die Abnahme der Schwerkraft im Erdinnern folgen würde, oder ob er sich den Erdmittelpunkt als Träger der Anziehungskraft dachte. Wahrscheinlich aber handelt es sich hierbei nur um einen Fehlschlufs infolge Bacons mangelhafter mathematisch-mechanischer Vorstellungen, während er in der That eine Wechselwirkung der Körper infolge ihrer Masse im Auge gehabt hat.

Die anregendste Quelle für alle späteren Attraktionsvorstellungen waren die Überlegungen Keplers. Auch bei ihm hat sich der Gedanke der Anziehung wohl unter dem Einflusse der Beseelungstheorie entwickelt, und er schreibt daher nur verwandten Körpern eine solche Eigenschaft zu, während er daneben eine Abstofsung zwischen Körpern für möglich hält. Hier lag die Analogie der magnetischen Pole vor, und Kepler benutzte dieselbe neben andern mehr mechanischen Hypothesen, auf die einzugehen hier keine Veranlassung ist, zur Erklärung der Erhaltung der Planeten in ihren Bahnen. Aber mit seinem Übergange zur mechanischen Auffassung der Bewegung wird ihm auch die Anziehung der verwandten Körper zu einer durchaus körperlichen Eigenschaft, während gleichzeitig immermehr der Gedanke hervortritt, dafs die Anziehung der irdischen Körper und die Wirkung der Himmelskörper auf derselben, der magnetischen Kraft analogen Ursache beruhen. Nur die Sonne behält zunächst noch eine Ausnahmestellung als beseelter Körper, aber diese Seele tritt ganz hinter ihre Wirkung als materielle Potenz zurück.[1] Wohl erscheint die Anziehung anfänglich als eine allein von dem gröfseren auf den passiven kleineren Körper ausgeübte Gewalt,[2] aber schon in demselben Jahre (1605) demonstriert Kepler ganz so wie später in der *Astronomia nova* (1609) die Schwere als reine Wechselwirkung.[3]

---

[1] Kepleri *Opera omnia* ed. Frisch, III p. 14.

[2] Brief an Herwart, 18. März 1605. *Op.* II p. 87. (Gelegentlich der Opposition gegen den aristotelischen Begriff von Schwere und Leichtigkeit). Gravitas non est actio, sed passio lapidis qui trahitur, principium inquam ejus.

[3] Brief an Fabricius 1605. *Op.* III p. 459. Ergo aliter definio gravitatem, seu illam vim, quae intrinsece movet lapidem, vim magneticam coagmentantem

Die Anziehung ist eine gegenseitige zwischen allen Körpern. Wenn zwei Steine sich irgendwo ohne äufsere Beeinflussung befänden, würden sie sich ähnlich wie zwei magnetische Körper anziehen und solche Wege beschreiben, dafs dieselben umgekehrt proportional sind ihren Massen. Dies gilt von der Erde und den Planeten in Bezug auf die zu ihnen gehörigen Körper, wie auch in Bezug auf den Mond und wechselseitig von diesem auf die Erde, deren Wasser er erhebt; ja es gilt auch für die Sonne in Bezug auf die Erde, jedoch kommt hier der dem Magneten eigentümliche Mechanismus hinzu, durch die magnetischen Fasern in einer Art polaren Wirkung den Planeten um sich herumzuführen.[1] Es wird ausdrücklich ausgesprochen, dafs die Schwere in allen Körpern (qualitativ) dieselbe ist, sich mit der Körpermasse teilt und dieselben Dimensionen mit den

---

similia, quae eadem numero est in magno et parvo corpore, et dividitur per moles corporum accipitque dimensiones easdem cum corpore.

[1] *Astronomia nova*. 1609. *Op*. III p. 150: Punctum mathematicum, sive centrum mundi sit sive non, nequit movere gravia neque effective neque objective, ut ad se accedant. p. 151: Vera doctrina de gravitate his innititur axiomatibus: Omnis substantia corporea, quatenus corporea, apta nata est quiescere omni loco, in quo solitaria ponitur extra orbem virtutis cognati corporis. Gravitas est affectio corporea mutua inter cognata corpora ad unitionem seu conjunctionem (quo rerum ordine est et facultas magnetica), ut multo magis Terra trahat lapidem, quam lapis petit Terram. Gravia (si maxime Terram in centro mundi collocemus) non feruntur ad centrum mundi, ut ad centrum mundi, sed ut ad centrum rotundi cognati corporis, Telluris scilicet. Itaque ubicunque collocetur seu quocunque transportetur Tellus facultate sua animali, semper ad illam feruntur gravia. Si Terra non esset rotunda, gravia non undique ferrentur recte ad medium Terrae punctum, sed ferrentur ad puncta diversa a lateribus diversis. Si duo lapides in aliquo loco mundi collocarentur propinqui invicem extra orbem virtutis tertii cognati corporis illi lapides ad similitudinem duorum magneticorum corporum coirent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanto intervallo, quanta est alterius moles in comparatione. p. 152: Sufficit tamen pro solutis a Terra facultas ista corporea; abundat illa animalis. p. 307: Solem itaque similiter corpus esse magneticum. — *Epitome Astr. Cop*. 1618. L. 1, p. 1. *Op* VI, p. 129: Videmus corpori terrae et aquae inesse vim corpoream, uniendi sibi corpora quaecunque attrahendique, quam vim vulgo gravitatem dicunt. — L. V p. 1. *Op*. VI, p. 405: Ut Sol trahit planetam, sic Terra trahit corpora, ob quem tractum corpora dicuntur gravia. Sol quidem planetam trahit ex una plaga, pellit ex altera, et hoc secundum magis et minus, Terra vero sine discrimine situs trahit pondera.

Körpern annimmt. Nur dadurch, dafs ein Raum von Körpern erfüllt ist, werden andre Körper nach ihm hingezogen und zwar gleichmäfsig nach seinem Centrum, falls er kugelförmig ist; bei andrer Gestaltung der Erde würde die Anziehung eine nach verschiedenen Seiten ungleichartige sein. Dafs ein mathematischer Punkt, ob Mittelpunkt der Welt oder nicht, die Körper in Bewegung nach sich hin versetzen könne, ist unmöglich.

Die Schwere ist also proportional der Menge der Materie, und die irdische Schwere erscheint als der kosmischen koordiniert. Indessen darf man sich doch nicht verhehlen, dafs zwischen beiden Kräften nur der Gattungsbegriff der Anziehung derselbe ist, dafs aber bei der kosmischen Schwere noch ein spezifischer Unterschied von der irdischen besteht, welchen Kepler nicht überwunden hat. Als anziehende Kräfte werden beide mit dem Magnetismus verglichen; sie wirken in die Ferne vermöge unsichtbarer magnetischer Fäden oder Fasern (filamenta, fibrae), welche sich vom anziehenden Centralkörper ausstrecken.

Man mufs annehmen, dafs sich Kepler die Anziehung der irdischen Schwere ebenso wie die der himmlischen durch ein derartiges mechanisches Agens vermittelt dachte. Aber der Unterschied zwischen beiden Kräften liegt darin, dafs Kepler die Wirkung dieser magnetischen Fasern nur in der Ebene der Planetenbahn berücksichtigte, weil er sie nur dazu braucht, um den Planeten bei der Rotation der Sonne mit dieser herumzuführen. Die Anziehung wirkt allerdings auf jeden Punkt des Planeten, aber jeder Punkt beschreibt unter dem Einflusse derselben seinen Kreis um die Sonne, und für jeden kommt nur das von ihm zurückgelegte Wegelement als Mafs für die zur Verfügung stehende Kraft in Betracht. Je gröfser dieses unter gleichen Umständen ist, auf einen um so gröfseren Bogen verteilt sich die Wirkung der Sonne. Nun verhalten sich aber die zu gleichen Centriwinkeln gehörigen Bogen verschiedener Kreise wie die Radien derselben; demnach ist die den Planeten herumführende Kraft umgekehrt proportional der Entfernung von der Sonne. Versteht man unter kosmischer Schwere diese den Planeten treibende Kraft, so mufs man daher sagen, dafs sie umgekehrt proportional der Entfernung wirkt, aber man darf dann nicht vergessen, dafs wir es hier mit einer andren

Vorstellungsweise als der uns gewohnten bei der NEWTONschen Gravitation zu thun haben. KEPLER weifs sehr wohl, dafs das Licht umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sich abschwächt; er setzt daher auch dieselbe quadratische Abnahme für jede andre körperliche Wirkung der Sonne (species) voraus. Als bewegende Kraft für den Planeten aber kommt die Sonne nicht „als blofser Körper," sondern nur in Bezug auf ihre Rotation in Betracht, und deswegen ist die Abschwächung linear, proportional der Bahnlänge.[1] Nichtsdestoweniger darf man schon die blofse Erwägung der Gründe, warum die Wirkung der Sonne auf die Planeten nicht, wie sich KEPLER selbst einwirft, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sei, als die genialste Anregung und das erste historische Auftreten des Grundgedankens des Gravitationsgesetzes ansprechen. Er hat thatsächlich den Satz, dafs die Körper proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung wirken, zur Diskussion gestellt; und dafs er für ein andres Wirkungsgesetz sich entschied, war für die Entwickelung des Gravitationsgedankens bei weitem nicht so hemmend, als der ganze Gedankengang selbst fördernd, zumal die klarere Fassung der mechanischen Begriffe von selbst auf die Aufhebung der Mängel führen mufste, welche KEPLERS Ideen noch anhafteten.

Wenn es sich nicht um die Mitführung eines Körpers in einer ebenen Bahn infolge von Rotation eines Centralkörpers gehandelt hätte, sondern um die direkte Schwerewirkung zweier freien, als ruhend gegebenen Körper, so würde KEPLER wahrscheinlich für diese die Abnahme der Anziehung als eine quadratische

[1] *Epit. Astr. Cop.* (1618). T. VI p. 346 f. p. 349: Atqui lux in dupla intervallorum proportione attenuatur, id est in proportione superficierum, cur non igitur etiam virtus motrix in dupla potius proportione fit debilior quam in simpla? — Quia virtus motrix subjectum habet speciem corporis Solaris, non ut nude est corpus, sed ut est in motu constitutum convolutionis circa suum axem et polos immobiles. Etsi igitur species corporis Solaris attenuatur in longum et latum, non minus quam lux, attenuatio tamen ista proficit ad debilitandam virtutem motricem tantummodo causa longitudinis, quippe motus localis, quem Sol planetis infert, tantum fit in longitudinem, in quam etiam ipsius Solis partes corporis sunt mobiles, non etiam in latitudinem versus polos corporis, respectu quorum Sol est immobilis.



bestimmt haben; jedoch zur Untersuchung eines solchen Problems bot sich ihm kein Anlafs. Er sagt nur einmal bei späterer Gelegenheit, dafs die Anziehungskraft unter benachbarten Körpern gröfser sei, als unter entfernten, weshalb sie einer gegenseitigen Losreifsung voneinander stärker widerstehen, so lange sie einander noch benachbart sind.[1] Vermutlich hat er aber dabei an die Kohäsion, d. h. nur an den Unterschied unmittelbarer Berührung und Getrenntheit der Teile gedacht.

Jedenfalls ist soviel zu konstatieren: Bei KEPLER wird die Schwere gedacht als fernwirkende, kosmische Eigenschaft; die Vermittelung ihrer Fernwirkung ist sinnlich nicht wahrnehmbar; sie wird aufgefafst als intensive Wirkungsfähigkeit sämtlicher Teile der Materie, die sich proportional dem Gewicht der Körper summiert; es wird der Versuch gemacht, die infolge der Gravitation von den Körpern zurückzulegenden Wege quantitativ zu bestimmen, als umgekehrt proportional den Massen; es wird die Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung erwogen und nur für die in der Bahnrichtung fortführende Kraft der Centralkörper die lineare Abnahme für notwendig gehalten.[2]

---

[1] JOANN. KEPLERI *Notae in Somnium Astronomicum* (1620—1630). *Op.* VIII, 1. p. 47. Gravitatem ego definio virtute magneticae simili, attractionis mutuae. Hujus vero attractionis major vis in corporibus inter se vicinis, quam in remotis. Fortius igitur resistunt divulsioni unius ab altero, cum adhuc sunt vicina invicem.

[2] Obiges war bereits geschrieben, als mir die Abhandlung von S. GÜNTHER, *Johannes Kepler und der tellurisch-kosmische Magnetismus*, Wien 1888, zuging, dessen Endresultat in Bezug auf die von K. zuletzt gewonnene Identität der Begriffe von magnetischer Anziehung und Gravitation ich voll beistimme. Nur möchte ich darauf hinweisen, dafs der Unterschied zwischen der KEPLERschen und der NEWTONschen Anziehungskraft auf die Planeten doch nicht blofs in der Form des Gesetzes, sondern auch in der Vorstellungsweise der Wirkung einer mechanischen Kraft überhaupt liegt. Der Leser findet bei GÜNTHER noch weitere Belegstellen für den Entwickelungsgang der KEPLERschen Gedanken. Von besonderem Interesse ist es, dafs sich bei KEPLER der Satz von der Gleichheit der Gegenwirkung der Anziehung auf ein magnetisches Experiment zurückführen läfst. „Diese Frag' erörtere ich mit dem Exempel zweier ungleicher Magneten; man lege sie in kleine gleiche Schifflein, lasse sie in einem weiten Geschirr umbschwimmen; sie werden einander entgegenschiffen, der schwächere wird viel, der stärkere wird wenig fürsetzen." *Op.* T. VII p. 749, 750. GÜNTHER, S. 62. U. a. vgl. man über KEPLER auch KASTNER, *Gesch. d. Math.* IV, S. 216 ff.

Demnach sind die Grundgedanken der Attraktionstheorie sämtlich bei KEPLER vorhanden und durch ihn in die Wissenschaft eingeführt. Was FERMAT, PASCAL und ROBERVAL über die Gravitation als eine allen Teilen der Materie zukommende Eigenschaft vermutet haben, fufst ohne Zweifel auf den bei KEPLER mit voller Sicherheit ausgesprochenen Gedanken.

In dem Briefwechsel von FERMAT, ROBERVAL und PASCAL vom Jahre 1636 wird die Frage erörtert, wie sich der Fall eines Körpers auf einem Durchmesser der Erde innerhalb derselben bei als frei vorausgesetzter Bahn gestalten würde.[1] ROBERVAL und PASCAL entscheiden sich hier nicht über die Hypothese, welche für den Ursprung der Schwere zu Grunde zu legen sei, sie führen nur drei Annahmen als die möglichen an. Die erste ist die „gewöhnliche“, dafs die Schwere eine den fallenden Körpern inhärente Eigenschaft sei; alsdann ist ihre Gröfse von der Entfernung von der Erde unabhängig. Die zweite nimmt an, dafs der Fall der Körper aus der Anziehung eines andren, der Erde, hervorgeht. „Es gibt eine dritte Meinung, welche nicht aufserhalb der Wahrscheinlichkeit liegt; nämlich eine wechselseitige Anziehung zwischen den Körpern, verursacht durch ein natürliches Verlangen, welches diese Körper zur gemeinsamen Vereinigung haben, wie es beim Eisen und Magneten ersichtlich ist .... Wenn beide Körper frei sind, nähern sie sich gegenseitig einander und zwar so, dafs jedesmal der stärkere den geringeren Weg zurücklegt.“[2] Diese beiden letzten Hypothesen führen unter der Voraussetzung, dafs die anziehende Kraft in den Teilen der Erde gleichmäfsig verteilt ist, darauf, dafs die Anziehung im Erdinnern abnehmen mufs. Das Verhältnis, in welchem dies geschieht, wird jedoch nicht näher festgestellt, was ja auch nicht zu erwarten ist, so lange über die Abhängigkeit der Anziehung von der Entfernung nichts bekannt ist.[3] Es wird dabei noch der Mifsgriff begangen, dafs die anziehende Kugel in Segmente senkrecht zum

---

[1] *Oeuvres* de BLAISE PASCAL. A la Haye 1779. T. IV p. 395 f.

[2] *Oeuvres* de PASCAL a. a. O. p. 390, 391.

[3] Über eine angebliche brierliche Äufserung von PASCAL an BOYLE um 1652 über die Abnahme der Gravitation mit dem Quadrate der Entfernung vgl. WOLF, *Gesch. d. Astron.* S. 446.

durchlaufenen Durchmesser zerlegt wird, anstatt in Kugelschalen, deren Wirkung auf einen Punkt im Innern sich bei Geltung des NEWTONschen Gesetzes aufhebt. Denselben Beweis mit gleich negativem Resultat reproduciert MERSENNE[1] noch im Jahre 1644; auch in seinen *Mechanicorum libri* drückt er sich über die Schwere ganz unbestimmt aus.[2]

Ein Versuch, die von KEPLER den Teilen der Materie zugeschriebene Anziehungskraft zu einer Grundkraft der Materie zu verallgemeinern und auf sie als wesentliche Eigenschaft der Materie zuerst ein Weltsystem zu begründen, rührt her von PERSONE DE ROBERVAL (1602—1675), welcher im Jahre 1644 ein Buch unter dem Titel *Aristarchi Samii de mundi Systemate* veröffentlichte.[3] Da demselben das System des COPPERNIKUS zu Grunde gelegt ist, ward wohl diese Form eines angeblichen Werkes von ARISTARCH aus Gründen der Vorsicht gewählt; in der Widmung verwahrt sich ROBERVAL dagegen, sich für eines der drei bekannten Weltsysteme entscheiden zu wollen. Dafs das Buch von ROBERVAL stammte, war nicht blofs MERSENNE, sondern auch DESCARTES[4] und vermutlich seinen gelehrten Freunden bekannt.

ROBERVAL setzt voraus, dafs von der Sonne eine sehr starke erwärmende Wirkung ausgeht, welche eine Verdünnung der Materie hervorruft. Letztere ist mit Ausnahme in der Erde, den Gestirnen und ihrer unmittelbaren Nachbarschaft flüssig, durchdringlich und durchsichtig. Ob die Verdünnung durch Beimischung sehr kleiner Vacua oder Einführung einer feineren Materie stattfinde, bleibe dahingestellt. Jedenfalls wird durch die Sonne eine mit der Entfernung abnehmende ungleiche Er-

---

[1] *Universae geometriae mixtaeque mathematicae synopsis.* Paris 1644. p. 396.

[2] F. MARINI MERSENNI Minimi *Tractatus mechanicus theoricus et practicus.* Paris 1644. p. 21. In *Cogitata physico-mathematica.*

[3] BRUNET, *Manuel du libraire* etc. Paris 1860. p. 449. — Die zweite Auflage, nach welcher ich citiere, erschien Paris 1647 und findet sich in MERSENNES *Novarum observationum Physicomathematicarum* III unter dem Titel: ARISTARCHI SAMII *de mundi systemate partibus et motibus ejusdem liber singularis.* Adjectae sunt AE. P. DE ROBERVAL Mathem. Scient. in Collegio Regio Franciae professoris, *Notae in eundem libellum.* Ed. II. correctior. Die Widmung ist vom Juli 1643.

[4] DESCARTES urteilte sehr hart über ROBERVAL. Vgl. *Oeuvr.* ed. COUSIN T. IX p. 508, 551, 555.

wärmung und infolgedessen Verdünnung erzeugt werden. ROBERVAL fährt nun fort:

„Aufserdem wohne jener gesamten Weltmaterie und jedem, und zwar jedem einzelnen Teile derselben, eine gewisse Eigenschaft oder ein gewisses Accidens inne, kraft dessen jene gesamte Materie in einen und denselben kontinuierlichen Körper zusammengezogen wird, dessen Teile alle durch ein kontinuierliches Streben gegeneinander bewegt werden und sich wechselseitig anziehen, so dafs sie eng zusammenhängen und keine Trennung voneinander dulden, es sei denn durch eine stärkere Kraft."[1] Dadurch mufste sich die gesamte Materie in Kugelgestalt zusammenballen, und zwar infolge der gegenseitigen Anziehung des ganzen Systems, nicht, wie man vielfach fälschlich glaube, durch die Anziehung des Zentrums.

Da aber in der Mitte dieser Materie sich die Sonne mit ihrer erleuchtenden, wärmenden und verdünnenden Kraft befindet, ist leicht zu schliefsen, dafs jenes System nicht eher zur Ruhe kommen wird, als bis sich die Materie gleichmäfsig um die Sonne verteilt hat. Infolge der mit der Entfernung abnehmenden Verdünnung durch die Sonne werden die entferntesten Kugelschalen die dichtesten sein, während überall in gleicher Entfernung von der Sonne gleiche Dichtigkeit herrscht.

Im System der Erde für sich betrachtet zeigt sich die umgekehrte Anordnung in den aufeinanderfolgenden Sphären von Erde, Wasser und Luft, welche letztere aufserordentlich viel dünner ist als der Kern. Allen Teilen dieses Systems kommt dieselbe Anziehungskraft zu, wie denjenigen der Weltmaterie, welche den Zusammenhang derselben herstellt und ihre Trennung voneinander verhindert. Aber die Eigenschaft oder das Accidens dieser Art ist in ungleichartiger Weise an den Teilen der irdischen Körper beteiligt, und zwar dergestalt, dafs, je dichter irgend ein Teil ist, er um so mehr an dieser Eigenschaft Anteil hat; so dafs infolgedessen die Erde als der dichteste Körper mehr als das Wasser, dieses mehr als die Luft von der anziehenden Eigenschaft besitzt, sofern man gleiche Volumina derselben vergleicht.[2] Daher befinden sich Erde, Luft und

---

[1] *De mundi syst.* p. 2, ferner p. 3, 4. — [2] A. a. O. p. 4.

Wasser in der angegebenen Reihenfolge geordnet und bilden ein zusammenhängendes System, dessen Teile sich nicht voneinander trennen können. Jene anziehende Eigenschaft in den Teilen des Erdsystems ist das, was man für gewöhnlich Schwere oder Leichtigkeit nennt, wobei letztere nur als ein geringerer Grad von Schwere aufzufassen ist.[1] Da dieses festverbundene, kugelförmige System aus dichteren und dünneren Teilen besteht, wird es eine mittlere Dichtigkeit besitzen, infolgedessen es sich der Sonne nähern oder von ihr entfernen wird, bis es in eine solche Entfernung gelangt ist, in welcher das umgebende Medium von gleicher Dichtigkeit ist.[2] Dasselbe gilt von den übrigen Planeten und ihren Trabanten, welche eben solche Systeme bilden, deren mittlere Dichtigkeit also um so geringer ist, je näher an der Sonne sie sich befinden.[3]

Es interessiert hier nicht, näher darauf einzugehen, wie nun die Bewegungen der Himmelskörper abgeleitet werden sollen, indem zunächst die Sonne und damit die umgebenden Schichten eine Rotation durch Ausströmungen erhalten, welche schief gegen die Oberfläche der Sonne gerichtet sind.[4] Der Erde wird eine Seele zugeschrieben und allerlei Abenteuerliches an Hypothesen geleistet.

Für uns genügt es aus Robervals Buche zu konstatieren, dafs er in der That allen Teilen der Materie, die er dabei kontinuierlich fafst, eine anziehende Kraft zugeschrieben hat, welche dieselben verbindet und ebenso die Körper an die Erde wie die Weltkörper an die Sonne fesselt. Das letztere ist zwar nicht deutlich ausgesprochen, ergibt sich aber aus der Annahme, dafs Gleichgewicht nicht eher eintritt, als bis die mittlere Dichtigkeit des Planeten der des umgebenden Mittels gleich ist; dann werden die gegenseitige Anziehung der Teile des Weltsystems und die verdünnende Kraft der Sonne sich das Gleichgewicht halten. Über eine Abnahme der anziehenden Kraft mit der Entfernung ist jedoch bei Roberval nichts gesagt.

Ungerechtfertigt ist es, den französischen Astronomen Boulliau (Bouillaud, Boulliaud, Bullialdus, 1605—1694) unter denen zu nennen, welche vor Newton eine Anziehungskraft der Materie in die Ferne und umgekehrt proportional dem

[1] A. a. O. p. 3, 4, 5. — [2] A. a. O. p. 6. — [3] A. a. O. p. 6, 7.
[4] A. a. O. p. 11.

Quadrate der Entfernung behauptet hätten.[1] Boulliau lehrt nur,[2] dafs sowohl die Teile des den ganzen Weltraum erfüllenden kontinuierlichen Äthers als auch die dichten Teile der Weltkörper fest untereinander zusammenhängen, und dafs letztere zur Vereinigung und Ansammlung gleichwie von Sehnsucht getrieben zusammenstreben. Die Sonne steht in der Mitte fest und alles dreht sich um ihren Mittelpunkt. Sie wirkt nicht bewegend auf die Planeten, sondern diese werden durch ihre besonderen „Formen“ herumgeführt.[3] Die „neue“ Hypothese Boulliaus besteht darin, dafs er annimmt, die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, welche auf einem schiefen Kegel liegen, dessen Axe durch den zweiten (von der Sonne freien) Brennpunkt geht, und zwar gleichmäfsig in Bezug auf die Axe des Kegels. Irgend einen mechanischen Grund hierfür gibt er nicht an. Dagegen erwähnt er allerdings polemisch gegen Kepler, indem er dessen Ansicht von der Abnahme der *vis motrix* der Sonne mit der Entfernung bekämpft, dafs, wenn man eine körperliche Wirkung der Sonne annähme, diese proportional dem Quadrate der Entfernung abnehmen müfste.[4] Auf diese Stelle mag sich die Erwähnung Boulliaus durch Newton in dem Briefe an Halley (vom 20. Juni 1686[5]) beziehen; vielleicht hat Newton die Ansicht von der quadratischen Abnahme der Gravitation aus Boulliaus Werke kennen gelernt; Boulliau selbst hat sie nicht vertreten.

Die Attraktionsvorstellungen, welche bei Gassendi (s. II S. 159, 166) und Digby (s. II S. 197) auftreten, und die vorbereitenden Gedanken zu dem Begriff einer Fernwirkung, wie sie sich in Hobbes' Conatus (s. II S. 238) und Guerickes Aktionssphäre (s. II S. 298) darbieten, haben an den betreffenden Stellen Erwähnung gefunden.

[1] So fälschlich bei Whewell (Deutsch v. Littrow) II S. 157.

[2] Ismaelis Bullialdi *Astronomia Philolaica*. Paris 1645. p. 3. p. 6.

[3] A. a. O. p. 21, 24.

[4] Die Stelle lautet (*Astr. Philolaica* p. 23): Virtus autem illa, qua sol prehendit seu harpagat planetas, corporalis quae ipsi pro manibus est, lineis rectis in omnem mundi amplitudinem emissa quasi species solis cum illius corpore rotatur: cum ergo sit corporalis imminuitur, et extenuatur in majori spatio et intervallo, ratio autem hujus imminutionis eadem est, ac luminis, in ratione nempe dupla intervallorum sed eversa.

[5] Rosenberger II S. 223.

Der erste Versuch, die Erhaltung der Planetenbahnen aus dem Gleichgewicht zwischen der anziehenden Kraft des Centralkörpers und der durch den Umschwung entstehenden Centrifugalkraft zu erklären, rührt, wie schon früher erwähnt, von Borelli her.[1] Die Zusammensetzung dieser beiden Bewegungen in Erwägung gezogen zu haben, ist sein wesentliches Verdienst, und insofern hat er offenbar Newton vorgearbeitet, ohne dafs es ihm gelang, das Gesetz für die Anziehung zu ermitteln. Fragen wir jedoch nach denjenigen Männern, welche die Attraktion als eine wesentliche Eigenschaft der Materie annahmen, so dürfen wir Borelli nicht nennen. Er spricht zwar in diesem Falle von einer gewissen Neigung der Planeten, sich mit ihrem Centralkörper zu vereinigen, aber auch der Gebrauch des Wortes Anziehung bedeutet bei ihm nur eine vereinfachende Zusammenfassung der Erscheinungen, die im letzten Grunde mechanisch zu erklären sei. Wir haben gesehen, dafs er konsequenter Kinetiker war.

Bis auf das Jahr 1666, welches Borellis Theorie der Jupitertrabanten brachte, reichen auch die ersten Überlegungen von Newton und Hooke über die Anziehung der Sonne auf die Planeten zurück.[2] Inwieweit die beiden genannten Männer und neben ihnen Wren und Halley[3] Anteil an dem Ausbau des Gravitationsgedankens haben, ist von andern mehrfach erwogen worden und kann hier aufser acht bleiben, da an der alleinigen erfolgreichen Durchführung desselben durch Newton, indem er mit Hilfe seines neuen Fluxionscalcüls das den Erscheinungen entsprechende Gravitationsgesetz nachwies, nicht zu zweifeln ist. Es sei nur erwähnt, dafs die Entdeckung des Gesetzes der Centrifugalkraft durch Huygens (1673) ein wesentliches Moment in der Förderung der Frage war, und dafs Hooke im Jahre 1674 folgende Sätze seiner Erklärung des Weltsystems zugrunde legte:[4] 1. Alle Himmelskörper besitzen

---

[1] Vgl. 4. Buch S. 301. S. auch Whewell II S. 146.

[2] Brewster, *Newton*. Deutsche Ausg. S. 116.

[3] Näheres bei Brewster a. a. O. S. 128 ff.

[4] *On attempt to prove the annual motion of the Earth.* London 1674. Vgl. Fischer, *Gesch. d. Phys.* I S. 272, 273. Brewster, a. a. O. S. 116, 117. Whewell II S. 136.

ohne Ausnahme eine Anziehung oder Schwere nicht allein gegen ihre eigenen Mittelpunkte, sondern auch wechselseitig gegen einander innerhalb ihrer Wirkungskreise; 2. alle Körper, welche eine einfache und geradlinige Bewegung haben, setzen dieselbe in gerader Linie fort, wofern nicht irgend eine Kraft sie beständig ablenkt und eine krumme Bahn zu beschreiben zwingt; 3. die Anziehung ist um so stärker, je näher der anziehende Körper ist.

Das Verhältnis jedoch, in welchem diese anziehende Kraft von der Entfernung des anziehenden Körpers abhängig ist, habe er, sagt HOOKE selbst, bisher auf experimentellem Wege nicht ausmitteln können, doch stehe er nicht an, jedem, der es findet, schon jetzt zu sagen, daſs er damit die wahre Ursache der himmlischen Bewegungen gefunden haben werde.

Daſs die Abnahme der Gravitation im quadratischen Verhältnis der Entfernung erfolge, schloſs HALLEY aus Analogie der Abnahme des Lichtes; auch WREN war dieses Verhältnis bekannt, wie NEWTON selbst angibt.[1] Aber NEWTON allein war imstande, den mathematischen Beweis dafür zu erbringen, indem er die KEPLERschen Gesetze auf dasselbe zurückführte und die Bewegung des Mondes als identisch mit der Fallbewegung gegen die Erde nachwies. Dies geschah bekanntlich in den *Mathematischen Prinzipien der Naturlehre*, welche 1687 erschienen.[2] NEWTON wurde dadurch der Begründer der mathematischen Physik und der Urheber der Lehre von der Gravitation als einer allgemeinen Eigenschaft der Materie — mit allen ihren Folgen.

---

[1] WHEWELL II S. 156, 157.

[2] *Philosophiae naturalis principia mathematica.* London 1687. Wir citieren NEWTON nach der Ausgabe der *Opera omnia quae exstant* durch HORSLEY, London 1779, daneben die deutsche Übersetzung der *Prinzipien* von WOLFERS, Berlin 1872, die jedoch einer sorgfältigen Vergleichung mit dem Original bedarf.

Siebenter Abschnitt.

Newton.

1. Abneigung gegen die Hypothese.

NEWTON (1642/43—1726/27) stand auf dem Boden der Korpuskulartheorie, insofern sie starre, voneinander getrennte, individuelle Teilchen der Materie annahm; aber er gab nicht zu, daſs dieselben nur durch Bewegung bei der Berührung aufeinander wirken. An Stelle eines Gesetzes, welches diese Mitteilung der Bewegung regulierte, führte er einen neuen Begriff ein, denjenigen der konstanten, in die Ferne wirkenden Kraft. Dadurch leitete er die kinetische Atomistik in die dynamische über.

Man würde indessen irren, wenn man bei NEWTON eine ausgebildete Theorie der Materie zu finden erwartete. Darauf war sein Interesse nicht gerichtet. Er war durchaus Mathematiker, und mathematisch sollen, wie es der Titel seines Hauptwerks sagt, die Prinzipien seiner Naturerklärung sein. Sein berühmtes *Hypotheses non fingo*[1] soll bedeuten, daſs er nur eine Darstellung der beobachteten Erscheinungen in mathematischer Sprache geben will, d. h. die in jenen aufgefundenen Gröſsenbeziehungen feststellen; aber er hält es nicht für angebracht, daraus Schlüsse auf die zugrunde liegende Beschaffenheit der Materie zu ziehen. „Alles, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese, und Hypothesen, seien sie nun metaphysische oder physische, mechanische oder diejenigen der verborgenen Qualitäten, dürfen nicht in die Experimentalphysik aufgenommen werden. In dieser leitet man die Sätze aus den Erscheinungen ab und verallgemeinert sie durch Induktion.“[2] Freilich werden wir sehen, daſs er nicht immer nach dieser Maxime, wenigstens nicht in Bezug auf die metaphysischen Hypothesen, gehandelt hat.

[1] *Principia* III, Abschn. 5. *Op.* III p. 174. WOLFERS S. 511.
[2] A. a. O.



Es zeigt sich demnach bei Newton eine grofse Gleichgiltigkeit gegen die Theorien der Materie, und er ist weder bemüht, etwaige Annahmen über die Grundbestandteile der Materie bis zu ihren letzten Bedingungen zu verfolgen, noch sie klar oder in gegenseitiger Übereinstimmung darzustellen. Er legt allen Wert auf die Feststellung der Thatsachen, die er von jeder theoretischen Voraussetzung möglichst unabhängig zu machen sucht. So sagt er bei der Verteidigung seiner Entdeckungen über die Eigenschaften des Lichtes und der Farben, dafs er, weil ihm die wahre Natur des Lichtes zweifelhaft gewesen sei, es absichtlich vermieden habe und andern überlasse, irgend welche mechanische Hypothesen über Gestalt und Bewegung der Korpuskeln und das ätherische Mittel aufzustellen, was ihm übrigens nicht schwer erscheine.[1] In einem Briefe an Boyle (v. 28. Feb. 1678/79), in welchem er einige Gedanken über eine Ätherhypothese hinwirft, sagt er am Schlufs: „Für meinen Teil habe ich so wenig Geschmack an Dingen dieser Art, dafs, hätte Ihre Ermutigung mich nicht dazu veranlafst, ich niemals, glaube ich, auch nur die Feder dafür aufs Papier gebracht hätte.“[2]

Seine berühmten *Leges*, mit welchen die *Principien* beginnen, sollen nicht den Charakter physikalischer Hypothesen tragen, sondern Postulate von Begriffen sein, welche die mathematische Darstellung der Bewegungen ermöglichen. Sie setzen die Begriffe der Gröfse der Materie und der Bewegung, der Beharrung der Bewegung, der Kraft und der Centripetalkraft fest und sind seitdem die Grundlage der Mechanik geworden. In dem mathematischen Sinne, wie sie Newton hier einführt, sind sie ebenso berechtigt als fruchtbar; was aber aus dem Begriffe der beschleunigenden Kraft über den analytischen Gebrauch der Rechnung hinaus gemacht worden ist, werden wir noch später zu besprechen haben, soweit nicht schon bei der Substanzialisierung der Kraft durch Leibniz darauf hingedeutet worden ist.

Der Gegenstand unsrer Untersuchung ist die Stellung

---

[1] *Philos. Transact.* London 1673 p. 6109. Vgl. auch 1672 besonders den Briefwechsel mit Pardies, p. 4093, 5007 und namentlich 5012.

[2] *Op.* IV p. 394.

NEWTONS zum Problem der Materie. In seinen „Regeln zur Naturerklärung"[1] verlangt er, daſs an Ursachen der Naturdinge nicht mehr zugelassen werden, als sowohl wahr sind als auch zur Erklärung der Erscheinungen ausreichen. Letzteres wird jeder zugestehen, aber was als „wahre" Ursache anzusehen ist, das eben ist die Frage, deren Beantwortung schon die Grenzen der Physik überschreitet. NEWTON verlangt weiter, daſs man, soweit es angeht, gleichartigen Wirkungen dieselben Ursachen zuschreibe. Endlich macht er in der dritten Regel einen kühnen Sprung aus dem empirischen Felde in das spekulative. „Diejenigen Eigenschaften der Körper, welche weder verstärkt noch vermindert werden können und welche allen Körpern zukommen, an denen man Versuche anstellen kann, muſs man für Eigenschaften sämtlicher Körper halten." Es liegt hier die dem Empiriker nur zu naheliegende Täuschung zugrunde, daſs, weil alle Eigenschaften der Körper nur aus der Erfahrung kennen zu lernen sind, auch die Grundeigenschaften der Materie aus einer Verallgemeinerung der sinnlichen Erfahrung flieſsen; während doch umgekehrt die Möglichkeit wissenschaftlicher Erfahrung darauf beruht, daſs rationale, aus der Einheit des Bewuſstseins stammende Elemente die Grundlage für die Einreihung der sinnlichen Erfahrungen in das System der Naturerkenntnis bilden. Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit und Trägheit will NEWTON deshalb als allgemeine Eigenschaften der Materie gelten lassen, weil wir sie an allen Körpern durch die sinnliche Erfahrung wahrnehmen. „Daſs alle Körper undurchdringlich sind," sagt NEWTON, „leiten wir nicht aus der Vernunft, sondern aus der sinnlichen Erfahrung ab."[2] Das ist freilich LOCKES Standpunkt. Wir würden aber niemals aus dem bloſsen sinnlichen Eindruck zur Erfahrung von einem Körper als einem undurchdringlichen kommen, beruhte nicht Undurchdringlichkeit auf einem Verstandesbegriffe, einer Form der Einheitsbeziehung von Sinnesempfindungen, welche erst den Begriff des Körpers ermöglicht.

„Die Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweg-

---

[1] *Regulae philosophandi. Princ.* lib. III. *Op.* III p. 2. WOLFERS S. 380.

[2] A. a. O. *Op.* III p. 3. Corpora omnia impenetrabilia esse non ratione sed sensu colligimus.

lichkeit und Trägheitskraft des Ganzen entspringt aus derselben Eigenschaft der Teile; wir schliefsen daraus, dafs alle kleinsten Teile aller Körper ebenfalls ausgedehnt, hart, undurchdringlich, beweglich und mit der Kraft der Trägheit begabt sind. Hierin besteht die Grundlage der gesamten Naturlehre. Ferner erkennen wir aus den Erscheinungen, dafs die zerlegten und sich wechselseitig berührenden Teile der Körper voneinander getrennt werden können. Dafs man durch das Denken die Teile in noch kleinere unterscheiden könne, ist aus der Mathematik bekannt: ob man diese so unterschiedenen, aber noch nicht zerlegten Teile durch Kräfte der Natur zerlegen und voneinander trennen könne, ist ungewifs. Wenn es sich aber durch einen einzigen Versuch ergäbe, dafs irgend eine unzerlegte Partikel bei Zerbrechung eines harten und festen Körpers eine Teilung erführe, so würden wir daraus nach dieser Regel schliefsen, dafs nicht nur zerlegte Teile trennbar seien, sondern dafs auch unzerlegbare ins Unendliche geteilt werden können."[1]

Hier ist wieder dieselbe Unklarheit über die Grundbegriffe. Was entscheidet denn darüber, was unzerlegbare Teile sind? Die Erfahrung? Ein Atom soll also dasjenige sein, was erfahrungsmäfsig nicht mehr geteilt werden kann. Wenn aber ein solches empirisches Atom — ein ungeheuerlicher Gedanke — einmal geteilt würde, so soll daraus sofort folgen, dafs es überhaupt keine Atome gäbe! Es blieben doch vermutlich noch weitere „empirische" Atome übrig. Diese ganze Überlegung Newtons macht es recht deutlich, wie ohnmächtig die sinnliche Erfahrung in den Grundlagen der Physik ist, die eben nur durch den Begriff zu erhalten sind. Newton zeigt sich hier als Anhänger der Korpuskulartheorie, aber einer Korpuskulartheorie, wie sie in den ersten Anfängen ihrer Erneuerung auftritt, ganz in den Banden der Sinnlichkeit; was Descartes und Gassendi für den Begriff des Korpuskels geleistet haben, ist nicht für ihn vorhanden.

[1] A. a. O. *Op.* III p. 3.

2. Die Äthertheorie.

Die oben erwähnte Gleichgiltigkeit gegen Hypothesen über die Grundeigenschaften der Materie zeigt sich bei Newton auch in der Behandlung seiner Äthertheorie. Er hatte am 7. Dezember 1675 der *Royal Society* eine Abhandlung: *An hypothesis explaining the properties of Light* vorgelegt, in welcher er zum erstenmale seine Ansichten über den Äther vorträgt und sie zur Erklärung der Phänomene des Lichts und der Schwere anwendet.[1] Eine weitere Ausdehnung gibt er seinen Erklärungen in dem oben erwähnten Briefe an Boyle.[2] Danach ist durch den ganzen Raum eine ätherische Substanz verbreitet, welche der Zusammenziehung und Ausdehnung fähig und äufserst elastisch ist, ähnlich wie die Luft, aber viel feiner. Der Äther durchdringt alle Körper, ist jedoch in den Poren derselben verdünnter als in den freien Räumen, und dies um so mehr, je enger die Poren sind. Der Übergang von dem verdünnten zum dichteren Äther findet an den Grenzen der Körper ganz allmählich statt, so dafs sich an denselben ein Raum oder eine Schicht einer allmählichen Ätherverdünnung (the space of the aether's graduated rarity) befindet. Daraus erklärt sich zunächst die Lichtbrechung und Lichtbeugung. Die Erscheinungen der Adhäsion, Kohäsion und Kapillarität werden aus der gegenseitigen Einwirkung der um die Körper befindlichen Schichten der stufenweisen Ätherverdünnung erklärt. Die Wirkung der Lösungsmittel sowie das Schmelzen und Verdampfen der Körper wird ebenfalls auf die Wirkung des Äthers zwischen den Poren zurückgeführt unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Gröfse der Körperteilchen, welche in den flüchtigen und flüssigen Körpern kleiner sind als in den schwer zu verflüssigenden: es wird dabei angenommen, dafs z. B. die Teile des Goldes beim Schmelzen erst in kleinere zerlegt werden. Eine nähere Ausführung übergehen wir, weil Newton selbst gar keinen Wert

---

[1] Vgl. hierzu Brewster, *Life of Newton* p. 301—308, reproduciert bei Zöllner, *Prinzipien einer elektrodynamischen Theorie der Materie*, Leipzig 1876, p. 419—423. Deutsche Ausg. S. 255 f.

[2] S. S. 556. — *Op.* IV p. 385—394.



auf seine Hypothese legt. Während er in seiner Hypothese von 1675 die Ursache der Schwere in einem Druck des Äthers auf sich selbst und die dichteren Körper sucht, wodurch dieselben nach den weniger dichten Stellen hingetrieben werden, schreibt er (1678) in dem Briefe an Boyle:

„Nun will ich noch eine Vermutung hinzufügen, welche mir, während ich diesen Brief schrieb, in den Sinn kam. Zu diesem Zwecke will ich annehmen, dafs der Äther aus Teilen besteht, welche sich voneinander durch Feinheit in unendlicher Abstufung unterscheiden; und zwar so, dafs in den Poren der Körper weniger von dem groben Äther im Verhältnis zu dem feinen enthalten ist, folglich in dem grofsen Körper der Erde von dem groben Äther sich im Verhältnis zu dem feinen viel mehr befindet, als in den Regionen der Luft, und dafs sogar der gröbere Äther in der Luft die oberen Regionen der Erde derart affiziert, dafs von der Höhe der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche und von dieser bis zum Erdmittelpunkt der Äther unmerklich feiner und feiner wird. Stellen Sie sich nun irgend einen Körper in der Luft aufgehängt oder auf der Erde liegend vor, und den Äther, nach dieser Hypothese, gröber in den Poren der oberen als in denen der untern Teile der Körper, ferner den gröberen Äther weniger geeignet, in diesen Poren untergebracht zu werden, als der feinere darunter, so wird er sich bestreben heraus zu gelangen und dem feineren Äther darunter Raum zu geben, was nicht möglich ist, ohne dafs die Körper sich abwärts bewegen, um oben für jenen Platz zum Eintreten zu machen.“

Es ergibt sich hieraus, dafs Newton sich auch den Äther korpuskular konstituiert dachte, was sich weiterhin noch klarer bestätigen wird.

Von dieser Ätherhypothese, die sich hier zunächst nur auf die irdische Schwere bezog, scheint Newton mehr und mehr zurückgekommen zu sein, als ihm die Identität der Gravitation und der irdischen Schwere zur Gewifsheit wurde und sich die Erklärung durch Attraktionskräfte immer fruchtbarer gestaltete. Er betrachtete sie überhaupt nur als einen Notbehelf, um weitläufigere Erörterungen über das Wesen der Schwere selbst zu vermeiden und denjenigen, welche eine bestimmte Antwort verlangten, wenigstens etwas an die Hand zu geben. So hatte er sie schon der *Royal Society* 1675 mit dem Vorbehalt vorgelegt: „Ich wurde dazu veranlafst, weil ich beobachtet hatte, dafs die Köpfe einiger grofser Virtuosen sehr auf Hypothesen versessen waren, und deshalb gab ich eine, welche ich für die wahrscheinlichste zu betrachten geneigt war, wenn ich einmal für eine mich zu entscheiden gezwungen gewesen wäre.“ Und

in einem Briefe an Halley (v. 20. Juni 1686) sagt er, auf jene Mitteilung zurückkommend, dafs sie nur als eine Vermutung zu betrachten sei, der er kein weiteres Vertrauen schenke.[1]

Nach Brewsters Angabe, welche sich auf ein im Besitz von Dr. J. C. Gregory befindliches Manuskript stützt, hatte Newton seine Ätherhypothese noch vor dem Jahre 1702 gänzlich aufgegeben, indem er den Äther als eine willkürliche Annahme bezeichnete, die aus der Natur zu beseitigen sei. Offenbar hatte sich ihm in den anziehenden und abstofsenden Kräften der Korpuskeln ein der mathematischen Behandlung viel zugänglicheres Erklärungsmittel gezeigt, und er erkannte, dafs er nicht nur des Äthers zur Erklärung nicht bedurfte, sondern mit demselben bei weitem nicht das erreichen konnte, was ihm die Molekularkräfte leisteten. Brewster weist mit Recht besonders auf das Beispiel der Kapillarerscheinungen hin, welche sich aus der Anziehung der Gefäfswände und der Flüssigkeitsteilchen viel leichter erklären liefsen, als aus einem Druck des Äthers.

Trotzdem finden wir in der zweiten englischen Ausgabe der Optik vom Jahre 1717 die Ätherhypothese noch einmal aufgenommen, obwohl nur in Gestalt der dem Werke angehängten Fragen (queries).[2] Newton supponiert hier seinen aufserordentlich elastischen und dünnen Äther als in allen Körpern enthalten und durch alle Himmelsräume ausgegossen. In den festen Körpern der Sonne, der Sterne, Planeten und Kometen soll er viel dünner sein, als in den dazwischen liegenden leeren Räumen, und zwar so, dafs von den Himmelskörpern aus die Dichtigkeit mit der Entfernung immer mehr zunimmt. Dadurch soll die gegenseitige Schwere dieser Körper wie ihrer Teile gegeneinander bewirkt werden, indem alle Körper von den dichteren Teilen des Mediums nach den dünneren hinstreben. Wenn die Dichtigkeit des Mediums auch nur sehr langsam zunimmt, so soll dies dadurch ausgeglichen werden, dafs die Elasticität ungeheuer grofs ist, so dafs die für die Schwere erforderliche Kraft geboten wird. Dieses Medium

---

[1] Brewster, *Life* p. 304, 305. Deutsche Ausg. S. 255. Zöllner S. 420, 421.

[2] *Op.* T. IV qu. 18—24. p. 223—226. Von den hier und noch später namentlich in Betracht kommenden Stellen der „Fragen" hat Schaller I S. 373 ff. eine Übersetzung gegeben, an die wir uns teilweise anschliefsen.

wird zugleich als der Träger des Lichtes und der strahlenden Wärme angesehen, und aus der grofsen Geschwindigkeit, mit welcher sich die hier von Newton gebilligten Schwingungen des Lichtes fortpflanzen, ebenfalls auf die aufserordentliche Elasticität geschlossen.

Newton findet die Elasticität des Äthers 490 000 millionenmal so grofs als die der Luft und seine Dichtigkeit 600 millionenmal geringer als die des Wassers und schliefst daraus, dafs sein Widerstand so unbedeutend sei, dafs derselbe die Bewegung der Planeten in 10000 Jahren nicht merklich beeinflussen würde. Er gibt jedoch, trotz der Annäherung an die Undulationshypothese, deswegen die Emissionshypothese nicht auf, sondern benutzt nur die Ätherwellen zur Erklärung der von der Emissionstheorie geforderten „Anwandlungen“ der Lichtstrahlen, durch welche sie abwechselnd für die Reflexion und für die Refraktion geeigneter sind. Auch fragt er, ob nicht das Sehen vorzugsweise durch die Übertragung dieser Schwingungen auf die Netzhaut und die Nervenfasern hervorgerufen werde, und ob es sich nicht ähnlich mit dem Gehör und den andern Sinnen verhielte. Ja er ist geneigt, selbst die Bewegungen der Tiere, welche durch die Kraft des Willens im Gehirn erregt und von dort durch die Nerven nach den Muskeln hin verbreitet werden, auf die Schwingungen des Äthers zurückzuführen. Hiernach würde also der Äther der allgemeine Träger der Energie und Vermittler derselben im Weltall sein.

Es scheint demnach, als hätte sich Newton hier im Grunde doch entschlossen, eine mechanische Hypothese zur Erklärung der fernwirkenden Kräfte einzuführen. Er will die fernwirkenden Kräfte im Interesse der Mathematik zur Erklärung der Erscheinungen nicht entbehren, aber er will auch keine bestimmte Entscheidung über ihre Bedeutung aussprechen. Seine Absicht ist, dem Vorwurfe zu begegnen, dafs er die Gravitation als eine wesentliche Eigenschaft der Materie einführe. Deshalb sagt er in der Vorrede zur zweiten Auflage der *Optik:* „Um zu zeigen, dafs ich die Schwere nicht als eine essentielle Eigenschaft der Körper auffasse, habe ich eine Frage über ihre Ursache hinzugefügt, und ich habe dies in Gestalt einer Frage gethan, weil ich in Bezug auf ihre experimentelle Erforschung noch nicht befriedigt bin.“ Geht schon hieraus

hervor, dafs er die Ätherhypothese für sehr fraglich hält, während ihm die Wirkung der Centrifugalkräfte als den Erscheinungen entsprechend für völlig gewifs gilt, so zeigt eine nähere Betrachtung dessen, was er über die Natur dieses Äthers beibringt, dafs derselbe gar keine mechanische Erklärung im Sinne einer kinetischen Theorie liefert. Hätte Newton eine solche wirklich beabsichtigt, so hätte er ein Bewegungsgesetz angeben müssen, nach welchem die Ätherteilchen bei ihrer Berührung so aufeinander wirken, dafs sie die Erscheinungen der Gravitation an den Körpern hervorbringen. Aber dies hat er nicht gethan, nicht einmal angedeutet. Die Gravitation sowie die übrigen Energievermittelungen hat er allerdings durch die Wirkung des Äthers ersetzt, aber nicht durch eine mechanische Wirkung, sondern ebenfalls durch eine dynamische, durch eine nicht weniger rätselhafte Eigenschaft als die Gravitation, nämlich die Elasticität. Der Äther ist elastisch, seine Elasticität aber beruht nicht wie bei Huygens auf der durch ein mechanisches Prinzip regulierten Agitation seiner Atome, sondern auf einer abstofsenden Kraft derselben. Er sagt, wenn man annimmt, dafs der Äther (wie es bei unsrer Luft der Fall ist) aus Teilchen bestehen könne, die sich voneinander zu entfernen streben, und welche viel kleiner sind als die Teile der Luft und auch des Lichts, so werde auch, eben bei dieser Kleinheit, die Kraft, mit welcher die Teile sich voneinander entfernen, entsprechend gröfser sein und dies Medium viel dünner und elastischer als die Luft; und folglich würde es der Bewegung der Körper viel weniger Widerstand leisten, aber auf dichte Körper durch das Bestreben, sich nach allen Seiten hin auszudehnen, viel mehr drücken.

Wenn man also selbst annehmen wollte, dafs Newton seine Ätherhypothese ernsthafter gemeint habe, als es den Anschein hat, so würde dies an dem Kern der Frage, wie Newton sich zur Theorie der Materie gestellt habe, gar nichts ändern. Die Gravitation als fernwirkende Kraft ist zwar geschwunden, aber die Centralkräfte sind geblieben, nur ist die Centripetalkraft ersetzt durch eine Centrifugalkraft, die attraktive durch eine repulsive. Ein Vorteil ist allerdings dadurch erreicht. Gelingt es, die Schwere auf die Elasticität zurückzu-

führen, so hat man nicht mehr nötig, eine Wirkung in beliebige Fernen anzunehmen, sondern nur Kräfte, die in der unmittelbaren Nähe wirken, und, was viel wichtiger ist, an Stelle der verschiedenen anziehenden und abstofsenden Kräfte tritt eine einzige Repulsivkraft, die Elasticität der Ätheratome. Diese beruht auf repulsiven Kräften. Diese Kräfte aber, wenn sie auch nur auf die benachbarten Teilchen wirken, sind darum doch nicht weniger fernwirkend, die Atome des Äthers sind nicht kinetische, sondern dynamische, das heifst, nicht in ihrer Bewegung liegt ihre Energie, sondern in einer Eigenschaft, die dem Atome auch abgesehen von seiner aktuellen Bewegung zukommt, und die in die Ferne durch den leeren Raum wirkt, ja eine Berührung überhaupt nicht gestattet.

Es nutzt daher nichts, darauf hinzuweisen, dafs NEWTON selbst an eine mechanische Erklärung der Schwere gedacht habe. Er hat nur daran gedacht, die Schwere auf die Elasticität des Äthers zurückzuführen, nun aber müfste wieder die Elasticität mechanisch erklärt werden. Wenn sie auf abstofsenden Kräften der Ätheratome beruht, so liegt in diesen der Ursprung aller Erscheinungen. Und wenn sich NEWTON dagegen verwahrt, dafs er die Gravitation als eine wesentliche Eigenschaft der Materie erklärt habe, so kann er den Einwurf nicht zurückweisen, dafs er die abstofsende Kraft als eine Eigenschaft der Ätherteilchen angenommen hat. Das Rätsel bleibt dasselbe, und beide Annahmen sind für die erkenntniskritische Prüfung ihrer Berechtigung gleichwertig. Es ist daher nicht zu leugnen, dafs NEWTON ein neues Prinzip in die Physik eingeführt hat, das der Centralkräfte. Wie er sich dieses Prinzip mit der Materie vereint dachte, ist eine zweite Frage, die noch zu erörtern ist. Zunächst wollen wir nachweisen, dafs er in der That allen Teilen der Materie Centralkräfte zugeschrieben hat.

3. Die Korpuskulartheorie und die Centralkräfte.

Der glänzende Erfolg, welchen das Gravitationsgesetz hatte, mufste bestechend wirken. Es war im Sinne NEWTONS keine Hypothese, denn es war aus den beobachteten Erscheinungen, aus den elliptischen Planetenbahnen, selbst abgeleitet; und es

erwies sich an der Erfahrung vollkommen bestätigt durch die Übereinstimmung mit allen astronomischen Thatsachen, mit GALILEIS Fallgesetzen und den durch die PICARDsche Gradmessung festgestellten Dimensionen der Erde. NEWTON verfuhr durchaus in Konsequenz seiner „Regeln zur Erklärung der Natur", wenn er nunmehr allen Teilen der Materie die mit dem Quadrate der Entfernung abnehmende Anziehungskraft zuschrieb. Denn er bewies mathematisch, dafs einer Kugel eine derartige Kraft zukomme, wenn sie von allen ihren einzelnen Teilen gelte.[1] Sind nun diese Teilchen selbst Korpuskeln, so besitzen sie das, was wir Centralkräfte nennen. Immer mehr geht NEWTON dazu über, alle Erscheinungen, Kohäsion, Adhäsion, Kapillarität, die Ablenkungen des Lichts u. s. w. aus der anziehenden Kraft der Körperkorpuskeln zu erklären. Ja er geht hierin selbst bereits so weit, dafs er nicht blofs das Wirkungsgesetz der Gravitation für die Teilchen der Materie annimmt, sondern auch an viel rascher abnehmende Anziehungskräfte denkt, auf welche sodann eine Sphäre der Repulsion folgt.

Alle diese Erwägungen sind zunächst aus rein mathematischen Untersuchungen hervorgegangen. Wie er die Wirkung centripetaler Kräfte diskutiert, so fragt er auch nach den mathematischen Gesetzen, welche beim Vorhandensein centrifugaler Kräfte gelten würden, und erörtert dieselben im 5. Abschnitt des zweiten Buches der *Principien.*[2] Er sieht sich dann um, ob die Natur ein Beispiel zu diesen Gesetzen in der Erfahrung liefere. Wenn er gefunden hat, dafs Teilchen, welche voneinander fliehen infolge von Kräften, die den Entfernungen der Mittelpunkte umgekehrt proportional sind, eine elastische Flüssigkeit bilden, deren Dichtigkeit der Zusammendrückung proportional ist, und umgekehrt, so liegt es sehr nahe zu schliefsen, dafs die Korpuskeln der Gase diese Eigenschaft besitzen. Er will zwar dies der Physik überlassen: „Ob die elastischen Flüssigkeiten aus Teilchen bestehen, welche voneinander wechselseitig fliehen, ist eine Frage der Physik. Wir haben auf mathematische Weise die Eigenschaften von Flüssig-

[1] *Princ.* I, Abschn. 12. pr. 71. *Op.* II p. 220. WOLFERS S. 195.
[2] *Prop.* 23. *Op.* II p. 346 f. WOLFERS S. 292 f.

keiten hergeleitet, welche aus derartigen Teilchen bestehen, um den Naturforschern (philosophis) eine Handhabe zu bieten, jene Frage zu behandeln.“ [1] Es ist kein Zweifel, dafs der Physiker — und Metaphysiker — Newton diese Frage des Mathematikers Newton in bejahendem Sinne entschieden hat.

Dafs Newton wirklich die Existenz von Molekularkräften gelehrt hat, ist klar zu beweisen. Er sagt von den Teilchen der Säuren, dafs sie dicker und deswegen weniger beweglich als die des Wassers sind, aber bedeutend feiner und deswegen beweglicher als diejenigen der Erde.[2] Sie besitzen eine grofse Attraktivkraft und in dieser Kraft besteht ihre Aktivität; durch diese lösen sie sowohl die Körper als reizen sie die Sinnesorgane. Ihr Wesen hält die Mitte zwischen dem Wasser und den Körpern und sie ziehen beide an. Durch ihre Attraktivkraft haften sie fest an den Teilchen der Körper und heben und trennen letztere voneinander, wodurch sie die Körper auflösen. Durch ihre Anziehung, wodurch sie in die Körper hineinstürzen, bewegen sie die Flüssigkeiten und erzeugen Wärme; einzelne Partikeln erschüttern sie so, dafs sie sie in Luft verwandeln und Bläschen erzeugen (Fermentatio violenta). Sie vereinigen sich mit den Teilchen der Körper und des Wassers und bilden Salze.[3] Die Lösung beruht also darauf, dafs die Teilchen des Körpers von denen des Lösungsmittels stärker angezogen werden als von einander. Wasser kann nicht zusammengedrückt werden, weil seine Teilchen sich schon berühren; brächte man die Teilchen der Luft zur Berührung, so würde sie zu Stein erstarren; das folge aus *Prop.* XXIII l. 2 *Princ. philos.*[4] Die Wärme besteht in der allseitigen Agitation der Teilchen; die Teilchen eines Körpers sind überhaupt niemals in Ruhe gegeneinander, daher ist kein Körper absolut

[1] *Op.* II p. 348. Wolfers S. 294.

[2] Dies und das Folgende: *De natura acidorum. Op.* IV p. 397—399.

[3] A. a. O. „Und wie der Erdkörper durch die Schwerkraft, indem er das Wasser stärker als die leichteren Körper anzieht, bewirkt, dafs diese in Wasser aufsteigen und die Erde fliehen, so fliehen sich die Salzteilchen, indem sie das Wasser anziehen, gegenseitig und weichen voneinander möglichst weit zurück wodurch sie sich durch das ganze Wasser ausbreiten.“

[4] Weil nämlich dann die Dichtigkeit unendlich grofs werden würde. S. Anm. 2. S. 565.

kalt, ausgenommen die Atome, deren Teile keine gegenseitige Verschiebung mehr zulassen.[1]

Von besonderem Interesse sind NEWTONS Erörterungen in einigen von den schon früher erwähnten der Optik angehängten Fragen, von denen die 31. speciell den „elektiven Attraktionen" gewidmet ist.[2] Er zieht in Erwägung, ob nicht die kleinen Teile der Körper gewisse Fähigkeiten, Vermögen oder Kräfte (powers, virtues or forces) haben, in die Ferne zu wirken, nicht nur auf die Strahlen des Lichtes, sondern auch aufeinander, um so die meisten Erscheinungen der Natur hervorzubringen.

Es sei ja hinreichend bekannt, dafs die Körper aufeinander durch die Attraktion der Schwere sowie des Magnetismus und der Elektricität wirken. Und gerade in diesen Beispielen zeige sich die Ordnung und das Verhalten der Natur, so dafs sie es sehr wahrscheinlich machen, dafs es auch noch andre anziehende Kräfte geben könne. Denn die Natur sei in sich durchaus gleichartig und übereinstimmend. „Was diese Attraktionen verursachen mag, betrachte ich hier nicht. Was ich Attraktion nenne, kann vielleicht durch einen Impuls[3] oder auf eine andre mir unbekannte Weise verursacht werden. Ich gebrauche dieses Wort hier nur zur allgemeinen Bezeichnung einer Kraft, durch welche die Körper wechselseitig zu einander streben, was auch die Ursache davon sei." Wir müssen uns nämlich zunächst aus den Naturerscheinungen belehren, welche Körper sich gegenseitig anziehen und welches die Gesetze und Eigenschaften dieser Anziehung seien, ehe wir untersuchen dürfen, worauf diese Anziehung beruhe. Die Anziehungen der Schwere, des Magnetismus und der Elektricität wirken auf beträchtliche Entfernungen und sind daher auch zur vulgären Wahrnehmung gelangt. Aber es ist möglich, dafs es auch noch einige andre

---

[1] *Op.* IV p. 398: Calor est agitatio partium quaquaversum. Nihil est absolute quiescens secundum partes suas et ideo frigidum, praeter atomos, vacui scilicet expertes.

[2] *Optics.* Erste Auflage London 1704. *Op.* T. IV, Queries p. 216 ff. Qu. 31 p. 242 ff.

[3] Hier fügt CLARKE bei seinem Citat ein: impulsu — „non utique corporeo" —. S. CLARKE, *Novae animadversiones, ex illustrissimi Newtoni Philosophia maximam partem haustae,* in J. ROHAULTI *Physica,* Lugd. Batavorum 1729. p. 573.

gibt, welche sich in so engen Grenzen halten, dafs sie sich bisher der Beobachtung entzogen haben.[1]

Die Teilchen aller harten homogenen Körper, welche sich untereinander vollkommen berühren, hängen mit grofser Kraft aneinander. Um dies zu erklären, haben einige hakenförmige Atome erfunden, wodurch sie nur die Frage umgehen; andre nehmen an, dafs die Körperteilchen durch die Ruhe aneinander haften, das heifst durch eine verborgene Eigenschaft oder vielmehr durch nichts; andre endlich durch eine übereinstimmende Bewegung, d. h. durch relative Ruhe.[2] „Ich möchte aus dem Zusammenhang der Körper lieber schliefsen, dafs die Teilchen derselben sich sämtlich gegenseitig mit einer Kraft anziehen, welche in der unmittelbaren Berührung selbst sehr grofs ist, in kleiner Entfernung die chemischen Wirkungen zur Folge hat, auf weitere Distanzen jedoch keine merklichen Wirkungen ausübt.[3]

Alle Körper scheinen aus harten Teilchen zusammengesetzt, sonst würden die Flüssigkeiten nicht gefrieren. Auch die Lichtstrahlen betrachtet NEWTON als aus harten Körperchen bestehend, weil sich sonst nicht ihr verschiedenes Verhalten nach verschiedenen Seiten erklären liefse. Er erwähnt daher auch hier, dafs die Härte ebenso wie die Undurchdringlichkeit als eine allgemeine Eigenschaft der Materie anzusehen sei. Die harten Körper bestehen aus kleinen, äufserst harten Partikeln, welche aneinander gelagert sind und verborgene Gänge zwischen sich lassen, weil sie sich nur in sehr wenigen Punkten berühren können; dafs sie aber trotz dieser geringen Berührungsflächen so fest zusammenzuhalten vermögen, wie es die Erfahrung zeigt, das ist nur dann zu begreifen, wenn irgend eine Ursache da ist, welche bewirkt, dafs sie gegenseitig angezogen oder angedrückt werden.[4]

Es kann sein, dafs die kleinsten Teilchen der Materie mit der heftigsten Attraktion aneinander hängen und so gröfsere Partikeln mit geringerer Kraft bilden, und dafs wieder viele

[1] *Optics*, qu. 31. *Op.* IV p. 242, 243.

[2] Diese drei Ablehnungen richten sich gegen GASSENDI, DESCARTES und LEIBNIZ.

[3] A. a. O. *Op.* IV p. 251. — [4] A. a. O. p. 252.

von diesen noch gröfsere Teile in ihrem Zusammenhange bilden, deren anziehende Kraft noch geringer ist; und so weiter in einer kontinuierlichen Folge bis zu den gröfsten Partikeln hin, von denen die chemischen Wirkungen und die Farben der natürlichen Körper abhängen; diese erst bilden in ihrem gegenseitigen Zusammenhang die sinnlich wahrnehmbaren Körper.[1]

Wie in der Algebra, wo die positiven Gröfsen aufhören, die negativen anfangen, so mufs auch in der Mechanik da, wo die Attraktion verschwindet, eine repulsive Kraft folgen. Dafs es eine solche Kraft gibt, scheint sich aus der Reflexion und Inflexion der Lichtstrahlen zu ergeben; denn in beiden Fällen werden die Strahlen ohne unmittelbare Berührung der Körper zurückgestofsen. Dasselbe darf man aus der ungeheuren Geschwindigkeit schliefsen, mit welcher die Strahlen von dem leuchtenden Körper fortgeschleudert werden, nachdem sie durch die Vibration seiner Teile herausgestofsen und aus seinem Anziehungsgebiet ausgetreten sind. Dieselbe Kraft, welche die Reflexion des Strahles bewirkt, dürfte zugleich hinreichen, um ihn herauszuschleudern. Auch aus der Verdampfung und der dabei auftretenden starken Ausdehnung folgert NEWTON eine abstofsende Kraft.[2]

Unter diesen Annahmen, so erklärt NEWTON, wäre die ganze Natur in Übereinstimmung mit sich selbst und aufserordentlich einfach. Die grofsen Bewegungen der Himmelskörper werden durch die Attraktion der Schwere bewirkt, die kleinen Bewegungen ihrer Teile fast sämtlich durch andre attraktive und repulsive Kräfte, welche zwischen den Teilchen herrschen. Er glaubt in der That, ein derartiges Prinzip annehmen zu müssen, weil ohne ein solches überhaupt keine Bewegung in der Welt entstehen könnte. Die Trägheitskraft ist nur ein passives Prinzip, vermöge dessen die Körper Bewegung in sich aufnehmen und ihr Widerstand leisten. Es bedarf aber durchaus eines andren Prinzips, um die Körper in Bewegung zu versetzen und sie darin zu erhalten. Die Quantität der Bewegung kann sich sonst nicht in der Welt erhalten, die Zähigkeit der flüssigen Körper und die Reibung absorbieren fortwährend Bewegung; vollkommen

[1] A. a. O. p. 256. — [2] A. a. O.



harte oder weiche Körper, welche keine elastische Kraft haben, müssen beim Zusammenstofse Bewegung verlieren und unter Umständen ganz zur Ruhe kommen. Daher ist es notwendig, aktive Prinzipien vorauszusetzen, wie es einerseits die Ursache der Schwere ist, welche den Himmelskörpern und den fallenden Körpern ihre Bewegung erteilt, andrerseits die Ursache der Fermentation, welche Licht und Wärme und die organischen Thätigkeiten erzeugt.[1]

Gott hat daher die Materie wahrscheinlich so gebildet, dafs die ersten Teilchen derselben hart, undurchdringlich und beweglich waren, und nach Gröfse, Gestalt und Eigentümlichkeiten in solchem Verhältnis zum Raume, dafs sie ihrem Zwecke entsprachen. Im gewöhnlichen Lauf der Natur gibt es keine Kraft, durch welche sie verkleinert oder zerstört werden könnten. Soll die Natur der Dinge Bestand haben, so ist anzunehmen, dafs die Veränderungen aller Körper nur in den verschiedenen Trennungen, Verbindungen und Bewegungen dieser permanenten Partikeln bestehen. Diese Teilchen besitzen Trägheit und unterliegen den daraus folgenden Bewegungsgesetzen, sie erhalten fortwährend Bewegung von den aktiven Prinzipien der Schwere, der Ursache der Fermentation und der Kohärenz der Körper. „Diese Prinzipien betrachte ich nicht als verborgene Qualitäten, welche aus den spezifischen Formen der Dinge resultieren, sondern als allgemeine Gesetze der Natur, durch welche die Dinge selbst bedingt sind (formed).[2] Verborgene Qualitäten wären diese Prinzipien nur, wenn wir uns vorstellten, dafs sie aus unbekannten und ihrer Natur nach unerkennbaren und unerklärlichen Eigenschaften beständen. Solche Qualitäten sind zu verwerfen; aber Newton denkt seine Prinzipien in der Natur nachgewiesen zu haben. „Aus den Erscheinungen der Natur zwei oder drei allgemeine Prinzipien der Bewegung ableiten und dann erklären, wie die eigentümlichen Beschaffenheiten und Thätigkeiten aller körperlichen Dinge aus diesen offenbaren Prinzipien folgen, das wäre in Wahrheit ein bedeutender Fortschritt in der Philosophie, wenngleich die Ursachen jener Prinzipien noch nicht entdeckt

---

[1] A. a. O. p. 258, 259.
[2] A. a. O. p. 261.

sein sollten. Darum scheue ich mich nicht, die obigen Prinzipien der Bewegung aufzustellen, da sie von ganz allgemeiner Giltigkeit sind, und lasse die Aufdeckung ihrer Ursachen noch offen." [1]

4. Die Centralkräfte als metaphysisches Prinzip.

Wer die Geschichte der dynamischen Atomistik schreiben wollte, müfste genauer untersuchen, inwieweit Newton diese Prinzipien selbst bereits zur Erklärung der Naturerscheinungen angewandt hat und in welcher Weise die dynamische Theorie der Materie an sie anknüpfte.[2] Für uns, die wir die Ansichten Newtons nur soweit in Betracht ziehen, als sie den Abfall von der kinetischen Korpuskulartheorie beweisen, genügt das Obige, um zu konstatieren, dafs Newton zwar das harte Korpuskel als die allgemeine Grundlage der Körperwelt durchaus anerkennt, dafs er aber eines neuen Prinzips zur Erklärung der Naturerscheinungen zu bedürfen überzeugt ist. Dieses Prinzip sind die fernwirkenden Kräfte, sowohl die der allgemeinen Gravitation, als die der molekularen Wirkungen. Letztere sollen nur auf geringe Entfernungen wirken und dann sogar in abstofsende übergehen. Die Gestalt der Korpuskeln, namentlich ihre Gröfse, ist zwar zu einzelnen Erklärungen noch zugezogen, sie verschwindet aber wesentlich gegenüber den verschiedenartigen attraktiven und repulsiven Kräften, welche den Korpuskeln zukommen und welche durch ihre verschiedenartige Wechselwirkung das unterscheidende Merkmal der Teilchen der verschiedenen Körperarten bilden. Die fernwirkenden Kräfte gehören bei Newton zum Wesen der Körperpartikeln; sie sind das aktive Prinzip der Natur. Über diese Thatsache kann kein Streit sein. Es fragt sich nur, welches Newtons eigene Auffassung der Bedeutung dieser Kräfte war.

---

[1] A. a. O. p. 261.

[2] Von seinen Nachfolgern in der Chemie sei hier nur Stephen Hales erwähnt (1677—1761), der in seiner *Vegetable staticks* etc. (1727) unmittelbar an Newton anknüpft.

Man ist jetzt vielfach der Ansicht,[1] dafs NEWTON die fernwirkenden Centralkräfte nur als mathematische Hilfsgröfsen betrachtet und eine mechanische Erklärung derselben für möglich gehalten habe, und dafs erst ROGER COTES durch seine Vorrede zur zweiten Auflage der *Mathematischen Prinzipien* die Gravitation zu einer Grundkraft, d. h. zu einer „einfachsten" Ursache, welche keiner mechanischen Erklärung mehr bedarf, erhoben habe. Man mufs jedoch hier zwischen der Gravitation als physischer Kraft, welche eine grofse Gruppe von Erscheinungen zusammenzufassen gestattet, und dem aktiven Bewegungsprinzip der Materie als solchem unterscheiden. Für erstere hat allerdings NEWTON die Entscheidung offen gelassen, dafs er aber die letzte Ursache aller Bewegung in der Materie für keine mechanische ansah, darüber scheint uns kein Zweifel bestehen zu können. Nur hatte der Mathematiker darüber nicht zu entscheiden. Wir haben oben gezeigt, dafs sein Versuch einer mechanischen Erklärung der Schwere durch die Elasticität des Äthers darauf hinauskommt, dafs die Atome des Äthers das Bestreben haben, sich gegenseitig zu entfernen. Dieses Bestreben wäre demnach das Äufserste, was sich von der Wirkungsweise der Materie sagen läfst; und da NEWTON nicht daran denkt, dasselbe wieder auf den Stofs eines feineren Äthers oder auf ein allgemeines Bewegungsgesetz zurückzuführen, so ist klar, dafs er hier abstofsende Kräfte als die letzte Ursache der Bewegung angesehen hat. Nur so erklärt es sich, dafs NEWTON mitunter sagt, für „Anziehung" sei vielleicht richtiger zu setzen „Impuls"; er gebrauche den Ausdruck nur im mathematischen Sinne, um das Gesetz der Bewegung zu bezeichnen.[2] Dies konnte er innerhalb der mathematischen Physik thun, und er betont ja auch immer, dafs er sich in diesen Grenzen halte, indem er die Ursache der Fernwirkung unerörtert lasse. Die Schwere konnte noch weiter zurückgeschoben werden, die Kraft überhaupt nicht. Man mufs aber ferner unterscheiden zwischen dem Mathematiker NEWTON und dem Metaphysiker. In letzterer Hinsicht konnte es ihm nicht mehr

[1] Wohl im Anschlufs an LANGES *Geschichte des Materialismus* vgl. 2. Aufl. I S. 264 f.

[2] Vgl. *Princ.* L. I. Sect. XI. *Op.* I p. 191 u. p. 218, 219.

gleichgiltig sein, ob die Bewegungen der Körper auf rein mechanischen Ursachen oder auf einem nicht materiellen Antriebe beruhen. Wo Newton nicht als Vertreter der mathematischen Physik spricht, sondern wo er seine individuelle Überzeugung als Mensch und als Naturphilosoph darlegt, da finden wir ihn in entschiedenem Gegensatze zu einer Naturerklärung, welche nur mechanische Ursachen annimmt. Die mathematische Physik führt die Naturerscheinungen bis zu den Centralkräften, allenfalls auch diese bis auf die repulsive Kraft der Ätheratome, die immerhin Centralkräfte bleiben; die Centralkräfte aber führen Newton über die mathematische Physik hinaus in die Metaphysik.

Nur so wird es verständlich, daſs Newton die zweite Auflage seines Hauptwerks mit einer Vorrede in die Welt hinausgehen lassen konnte, welche seinen eigenen Äuſserungen in dem Buche selbst zu widersprechen scheint. Aber Cotes sprach eben ausdrücklich im metaphysischen Interesse und durfte daher das ausdrücken, was der Mathematiker als auſserhalb seiner Entscheidung liegend abzuweisen hatte. Wir sehen jedoch, daſs Cotes die Meinung des Meisters traf, wenn wir solche Stellen aufsuchen, in denen Newton seine mathematische Neutralität fallen läſst und seiner persönlichen Überzeugung Ausdruck gibt. Derartige Stellen finden sich in den Briefen an Bentley und in den *Prinzipien* am Ende des dritten Buches.[1]

[1] *Op.* III p. 173, 174. Wolfers S. 511. Newton sagt: „Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und unsres Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber die Ursache der Schwerkraft habe ich noch nicht angegeben. Diese Kraft rührt von irgend einer Ursache her, welche bis zu den Mittelpunkten der Sonne und der Planeten dringt, ohne etwas von ihrer Wirksamkeit zu verlieren. Sie wirkt nicht nach der Gröſse der Oberfläche derjenigen Teilchen, worauf sie einwirkt (wie gewöhnlich die mechanischen Ursachen), sondern nach der Quantität der körperlichen Materie . . . . Den Grund dieser Eigenschaften der Schwere habe ich noch nicht aus den Erscheinungen ableiten können, und Hypothesen erdenke ich nicht . . . . sie haben keine Stätte in der Experimentalphysik . . . . Es würde hier der Ort sein, etwas über einen gewissen *Spiritus* hinzuzufügen, welcher alle festen Körper durchdringt und in ihnen verborgen ist. Durch die Kraft und Thätigkeit dieses *Spiritus* ziehen sich die Teilchen wechselseitig bis auf die kleinsten Entfernungen an und haften aneinander, wenn sie sich berühren. Durch sie wirken die elektrischen Körper auf gröſsere Entfernungen, sowohl um die

Was daselbst vom *Spiritus* gesagt wird, deckt sich genau mit dem, was NEWTON in den Fragen im Anhange der *Optik* vom Äther aussprach, und was er weiterhin als das aktive Prinzip in der Natur bezeichnete und der Wirkung der Centralkräfte zuschrieb. Da, wie wir sahen, auch die Wirkung des Äthers im letzten Grunde auf der Abstofsung seiner Teilchen beruht, so zeigt sich die ganze Naturauffassung NEWTONS vollständig konform. Der *Spiritus* ist das aktive Prinzip, durch welches die träge Materie Bewegung erhält; *Spiritus* ist der metaphysische Ausdruck; physikalisch gefafst erscheint derselbe als Elasticität des Äthers, mathematisch als konstante Centralkräfte der Teilchen. Die mathematische Physik enthält sich des Urteils über den Ursprung dieser Kräfte. Wie aber aus den Äufserungen NEWTONS hervorgeht, sind sie von der Materie (welche nur träg ist) ebensowohl wie von den mechanischen Ursachen verschieden. Die Materie kann nicht wirken; es mufs etwas andres zu ihr hinzukommen, heifse es nun Spiritus oder Kraft. Die Trennung von Materie und Kraft ist vollzogen. Die gesamte Arbeit der mechanischen Naturauffassung ist aufgehoben, ein Äufseres, was der Materie als solcher nicht angehört, mufs zu ihr hinzutreten, um das Naturgeschehen zu ermöglichen.

Jetzt sehen wir, warum NEWTON behaupten durfte, er halte die Schwere nicht für eine wesentliche Eigenschaft der Materie, obwohl er erklärt hatte, dafs für sie viel strenger als für die Undurchdringlichkeit bewiesen sei, dafs sie eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei.[1] Der Ton liegt auf der Materie. Die Trägheit ist ein *vis insita*, nicht die Schwere. NEWTON nimmt an, Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit,

---

benachbarten Körperchen anzuziehen, als auch um sie abzustofsen. Mittels dieses *Spiritus* strömt das Licht aus, wird zurückgeworfen, gebeugt, gebrochen und erwärmt die Körper. Sämtliche Sinnesthätigkeiten werden erregt und die Glieder der Tiere nach Belieben bewegt, nämlich durch die Vibrationen dieses *Spiritus*, welche sich von den äufsern Organen der Sinne mittels der festen Fäden der Nerven bis zum Gehirn und hierauf von diesem bis zu den Muskeln fortpflanzen. Diese Dinge lassen sich aber nicht mit wenigen Worten erklären, und man besitzt noch keine hinreichende Anzahl von Versuchen, um genau die Gesetze bestimmen und beweisen zu können, nach welcher dieser *Spiritus* wirkt."

[1] *Op.* III p. 4. WOLFERS S. 381.

Beweglichkeit und Trägheit definierten die Materie bereits; aber dies alles sind passive Eigenschaften; die Bewegung kommt hinzu als ein aktives, nicht der Materie angehöriges und ihr nicht wesentliches Prinzip. So ist die Kraft als immateriell von der Materie geschieden, sie mufs ihr äufserlich übertragen werden. Die Ursache der Bewegung ist hypostasiert in der Form der Centralkraft als ein äufseres aktives Prinzip. Um sie an die Materie zu binden, gibt es nur ein Mittel, den Willen Gottes.

Und jetzt sehen wir auch, warum NEWTON nichts dagegen hatte, dafs COTES die Schwere als eine „einfachste" Ursache erklärte, für welche keine mechanische Erklärung mehr gegeben werden könne.[1] COTES gebraucht nur den Ausdruck „Schwere" statt des allgemeineren, den NEWTON dafür gesetzt haben würde, das „aktive Prinzip der Centralkräfte". Dieses kann keine wesentliche Eigenschaft der Materie sein — was auch COTES nicht behauptet —, weil es über der Materie steht, und eben darum kann es auch keine weitere mechanische Ursache haben. Dafs man die Attraktion in einem so allgemeinem Sinne nehmen könne, dafs man darunter jede Kraft versteht, durch welche räumlich getrennte Körper bestrebt sind, sich zu vereinigen ohne mechanischen Impuls, erkennt NEWTON an.[2] NEWTON schliefst weiter, es sei unbegreiflich, dafs unbeseelte rohe Materie ohne die Vermittelung von irgend etwas, das nicht materiell ist, aufeinander wirken und andre Materie ohne gegenseitige Berührung affizieren sollte; und das müfste der Fall sein, wenn Schwere im Sinne von EPIKUR eine wesentliche und inhärente Eigenschaft der Materie wäre. Deshalb wünscht er, dafs man ihm nicht die Ansicht von einer ursprünglichen Schwere zuschreibe. Dafs Schwere eine ursprüngliche, inhärente und wesentliche Eigenschaft der Materie sein sollte, so dafs ein Körper auf einen andren in der Entfernung durch ein Vacuum ohne anderweitige Vermittelung wirke, ohne etwas, wodurch seine Wirkung und Kraft übertragen werde, das erscheint NEWTON als eine so grofse Absurdität, dafs er glaubt, niemand, der in philosophischen Dingen ein kompetentes Urteil

---

[1] *Op.* II p. XIX.

[2] *Letter III to* Dr. BENTLEY, 25. Febr. 1692/3. *Op.* IV p. 437.

habe, könne darauf verfallen. Schwere müsse durch ein Agens verursacht sein, das beständig nach gewissen Gesetzen wirkt: ob aber dieses Agens materiell oder immateriell sei, habe er dem Urteil seiner Leser überlassen.[1]

Man hat daraus schliefsen wollen, dafs NEWTON eine mechanische Ursache der Schwere anerkannt habe. Wir haben aber oben gezeigt, dafs er eine solche nicht aufweist, sondern selbst, wenn man die Ätherhypothese aufrecht erhält, zuletzt auf die Fernkräfte als aktives, nicht mechanisches und nicht materielles Prinzip zurückkommt. Die Kraft ist kein materielles Agens, also konnte „der Leser" nur den Schlufs ziehen, dafs sie etwas Immaterielles sei. Wenn NEWTON die materielle Fernwirkung als eine unbegreifliche Absurdität erklärt, so sollte man daraus allerdings schliefsen dürfen, dafs er die Fernwirkung überhaupt leugnen müsse. Alle, die auf dem Boden der mechanischen Naturauffassung und einer erkenntniskritisch begründeten Physik stehen, müssen so schliefsen, und wir sehen bei HUYGENS, wie er an der Fernwirkung Anstofs nimmt. NEWTON aber hat diesen im 17. Jahrhundert glücklich erreichten festen Boden wieder verloren. Er schliefst nicht aus der Unbegreiflichkeit einer Fernwirkung der Materie auf die Nichtexistenz der Fernwirkung; sondern weil ihm die Fernwirkung als mathematisch und empirisch bewiesen gilt, schliefst er aus der Existenz des Gravitationsgesetzes, dafs es nicht die Materie sei, welcher die Fähigkeit zur Bewegungsänderung inhäriere, sondern dafs ein immaterielles Prinzip zur

[1] A. a. O. p. 438. It is inconceivable, that inanimate brute matter should, without the mediation of something else, which is not material, operate upon, and affect other matter without mutual contact; as it must do, if gravitation, in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it. And this is one reason, why I desired you would not ascribe innate gravity to me. That gravity should be innate, inherent and essential to matter, so that one body may act upon another at a distance through a vacuum, without the mediation of any thing else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can ever fall into it. Gravity must be caused by an agent acting constantly according to certain laws; but whether this agent be material or immaterial, I have left to the consideration of my readers.

Materie hinzutrete.[1] Die Einheit der Natur wird in zwei Teile zerrissen, die träge Materie und die wirkende Kraft, das passive und aktive Prinzip, und die mathematische Physik mufs dazu dienen, die Gefühle des Leidens und des Handelns scheinbar zu objektivieren. Newton war sich wohl bewufst, dafs diese Betrachtung nicht in die mathematische Physik gehöre; daher seine vorsichtige Ausdrucksweise; aber er hatte diesen Schlufs selbst gezogen und er liefs es zu, dafs seine Freunde und Schüler ihn triumphierend der Welt verkündeten, ja er billigte es und freute sich darüber. So läfst er in Cotes' Vorrede die Schwere als mechanisch nicht weiter erklärbar passieren, und so schreibt er an Bentley, er habe in seinem Werke über das Weltsystem sein Augenmerk auf solche Prinzipien gerichtet, welche bei denkenden Menschen den Glauben an ein göttliches Wesen bewirken möchten, und es könne ihm nichts gröfsere Freude bereiten, als diesen Erfolg eintreten zu sehen.[2]

Die Newtonsche Entdeckung, dafs die mathematische Physik auf ein immaterielles Agens als notwendige Voraussetzung des Weltgeschehens hinweise, kam denn allen recht, welche in Hinsicht auf den cartesischen und gassendischen Mechanismus theologische Befürchtungen hegten. Bentley zog den Schlufs, den Newton billigte, in den Reden, welche er infolge der Boyleschen Stiftung zum Beweise des Daseins Gottes hielt. Er sagte, die Attraktion wirkt durch den leeren Raum ohne jede Vermittelung; es ist unmöglich, dafs Materie dies vermag; jene Kraft aber wirkt von Materie zu Materie; folglich kann sie nur durch ein göttliches Wesen der Materie eingepflanzt sein. „Das ist ein direkter und positiver Beweis, dafs ein immaterieller lebender

[1] Hier hat Zöllner sein mystischer Instinkt beim Verständnis Newtons zum Teil richtig geleitet, wie er ihn freilich auch zu völlig absurdem und verworrenem Mystizismus hingeführt hat, indem er ihn auf der unzulässigen Verquickung von Mechanismus und Psychismus weiterbauen liefs. Vgl. Zöllner, *Prinzip. d. elektrodyn. Theorie* etc. Leipz. 1876. Natürlich ist es Newton nicht eingefallen, sich die Materie beseelt zu denken oder das aktive Prinzip der Bewegung mit Bewufstsein zu versehen; er folgerte nur, dafs dieses Prinzip durch einen bewufsten Schöpfer der Materie hinzugefügt worden sein müsse. Vgl. auch Isenkrahe, *Schwerkraft*, S. 11 f. u. 15.

[2] *Letter to* Dr. Bentley I. 10. Dec. 1692. *Op.* IV p. 429.

Geist die tote Materie lenkt und beeinflufst und das Weltgebäude erhält."[1]

Newtons Schüler haben nur den von Newton gehegten Gedanken von der Immaterialität der Schwerwirkung offener ausgesprochen. Wir finden denselben Gedankengang bei Clarke, welcher dem Newtonschen System dadurch Eingang in den Schulen zu verschaffen wufste, dafs er das allgemein zu Grunde gelegte Lehrbuch Rohaults neu herausgab und mit Anmerkungen im Sinne Newtons versah.[2] Hier hebt er überall den Begriff der Attraktion hervor und betont namentlich, dafs es sich bei Attraktion wie bei Impuls nicht um eine materielle Ursache handle.[3] Er sagt: „Da andre unzählige Erscheinungen der Natur und namentlich die Gravitation auf keine Weise aus dem gegenseitigen Impuls der Körper entstehen können, weil jeder Impuls im Verhältnis der Oberfläche, die Schwere aber im Verhältnis der Masse wirkt, und daher einer Ursache zuzuschreiben ist, welche die innere Substanz der soliden Materie selbst durchdringt, so mufs überhaupt eine solche Attraktion zugelassen werden, welche nicht eine *Actio in distans* der Materie ist, sondern eine *Actio* einer gewissen immateriellen Ursache, welche die Materie immer nach bestimmten Gesetzen bewegt und regiert."[4] Diese Kraft ist universell für alle Orte, alle Körper und alle Zeit.[5]

Wir dürfen demnach behaupten, dafs es Newton war, welcher das dynamische Atom geschaffen hat, indem er den Begriff der Centralkraft entdeckte und an das Korpuskel band. Er hat damit die gesamte Grundlage der kinetischen Atomistik untergraben.

Man hat ihm schon zu seiner Zeit wie auch in der Gegenwart vorgeworfen, er habe mit der Attraktion wieder den scholastischen Begriff der *qualitates occultae* eingeführt. Dieser Vorwurf ist nicht gerechtfertigt, und der energische Widerspruch, mit welchem Newton und seine Anhänger sich dagegen verwahren, ist begründet. Das Verwerfliche der verborgenen Qualitäten besteht darin, dafs sie für jede Einzelerscheinung

[1] Bentleys *Works* ed. Alex. Dyce. London 1838. Vol. III. p. 164. Zöllner a. a. O. p. 392.

[2] S. II S. 410. — [3] Vgl. II S. 567, Anm. 3.

[4] Rohaulti *Physica* etc. p. 573. — [5] A. a. O. p. 352

eine einzelne Ursache, eben die *qualitas occulta*, angeben. Die Attraktion dagegen ist ein allgemeines Erklärungsprinzip, welches nicht bloſs für groſse Gruppen von Erscheinungen gilt, sondern sogar solche Phänomene, die man vorher als gänzlich verschiedene ansehen muſste, wie den Fall eines Steines und die Bewegung eines Planeten, unter einen Begriff zu bringen gestattet. Sie ist daher ein berechtigtes Erklärungsprinzip und sie hat diese Berechtigung im Gange der Wissenschaft bewährt, indem sie die mathematische Darstellung der Erscheinungen ermöglichte. Aber dies gilt nur von der Attraktion, indem man damit — wie es auch Newton als Mathematiker allein wollte — ein allgemeines Gesetz zur mathematischen Darstellung der Bewegungen bezeichnet. Indem jedoch Newton diese Grenze selbst überschritt und eine metaphysische Folgerung zog, daſs nämlich die Materie eines immateriellen Agens bedürfe, verlieſs er das erlaubte Gebiet der Anwendung jenes Bewegungsgesetzes und setzte sich der Kritik der Erkenntnistheorie aus.

Was More mit seinem hylarchischen Prinzip, dem ausgedehnten aber doch immateriellen Spiritus, erstrebte, was Cudworth mit seinen plastischen Naturen bezweckte, die Rettung der Naturphilosophie vor dem scheinbar drohenden Materialismus und Atheismus, das suchte Newton in der Immaterialität der Kraft. Das Gefühl sträubt sich gegen die mechanische Naturauffassung. Da entdeckt das Genie des Physikers ein mathematisches Gesetz, welches die gesamte Natur zu beherrschen scheint, das Gesetz der fernwirkenden Kräfte. Aber die Herrschaft des Sensualismus und der dogmatische Standpunkt läſst nicht zu, in diesem Gesetze eine konstitutive Bedingung des Bewuſstseins zur Möglichkeit der Natur zu sehen, sondern dasselbe wird im Raum an eine immaterielle Substanz göttlichen Urprungs geknüpft. Hier fand die kirchliche Orthodoxie und die Neigung zum Mystizismus, welche in Newtons Geiste gleich stark vertreten waren, den gesuchten Ausweg. Der gepriesene Empirismus, die naturwissenschaftliche Erfahrung, entschied ja sichtlich für eine auf dynamische Prinzipien gegründete Weltordnung, deren Gesetze nicht im Mechanismus der Atome, sondern nur in einem geistigen Agens wurzelten. So überwand das Zusammentreffen

jener Eigenschaften in Newton die Fundamente wissenschaftlicher Naturphilosophie, indem er in die Physik wieder metaphysische Prinzipien hineintrug, deren glückliche Beseitigung eben begonnen hatte. Das mathematische Gesetz wird unter dem Namen der Fernkraft versinnbildlicht und anthropomorphisiert.

Das materielle Korpuskel verliert seine Realität, und alle Realität flüchtet sich in den Begriff des Attraktionscentrums. Hier trifft der dynamisch wirksame Raumpunkt zusammen mit der Idee des Einfachen zur punktuellen Substanz. Und so sehen wir den grofsen Physiker und Mathematiker Newton bei demselben Resultate anlangen, wie den grofsen Philosophen und Mathematiker Leibniz — bei dem metaphysischen Punkte als der letzten Objektivierung alles Naturgeschehens.

Der tiefere Grund dieses metaphysischen Ausgangs der Physik im Beginn des 18. Jahrhunderts lag in dem Zustande der Philosophie, welche die Begründung der Natur durch die Gesetze des Verstandes nicht zu scheiden wufste von jener andren Erkenntnisquelle, aus welcher die Forderungen des Gemüts ihre berechtigten Ansprüche schöpfen. Diese Trennung und damit die Sicherung der Naturerkenntnis vollzog erst Kant. Er aber stand unter dem Einflusse der Physik seiner Zeit, in welcher Newton herrschte. Daher versuchte er, wiewohl ohne befriedigendes Resultat, die Protophysik auf die dynamische Fluiditätstheorie zu gründen, statt sich auf die Prinzipien von Huygens und die Bestrebungen von Euler zu stützen. Nachdem das 19. Jahrhundert uns die mathematischen Grundzüge einer Energetik geliefert, sind wir in der Lage, die erkenntniskritischen Gedanken Kants durch haltbarere Prinzipien der Mechanik zu ergänzen. In welcher Weise diese Ergänzung und das Verhältnis von Physik und Erkenntniskritik sich denken liefse, haben wir am Schlufs des vierten Buches anzudeuten versucht. Die Zukunft wird entscheiden, inwiefern die hier aus der Untersuchung des thatsächlichen historischen Prozesses gezogenen Folgerungen durch die Schöpfung einer systematischen Protophysik zu bestätigen sind.

Anhang.

Verzeichnis
der unter abgekürzten Titeln citierten Werke.

Acta Eruditorum publicata. Lipsiae 1682 ff.

Annalen der Physik und Chemie, herausg. v. J. C. Poggendorff. Leipzig.

" " " " " Neue Folge. Herausg. v. G. Wiedemann. Leipzig.

Apelt, E. F., *Die Reformation der Sternkunde.* Jena 1852.

Archiv für Geschichte der Philosophie in Gemeinschaft mit H. Diels, W. Dilthey, B. Erdmann u. Ed. Zeller, herausg. v. Ludwig Stein. Berlin.

Baltzer, *Spinozas Entwickelungsgang, besonders nach seinen Briefen geschildert* Kiel 1888.

Baumann, *Die Lehren von Raum, Zeit und Mathematik in der neueren Philosophie nach ihrem ganzen Einfluſs dargestellt und beurtheilt.* Berlin I Bd. 1868. II. Bd. 1869.

Bayle, P., *Dictionnaire historique et critique.* 15. Ed. 1740.

Biographie universelle ancienne et moderne. Paris 1815.

Bouillier, *Francisque. Histoire de la philosophie Cartésienne.* 3. Ed. Paris 1868.

Brucker, Jac., *Historia critica philosophiae.* Lips. 1766.

Bretschneider, *Geometrie und Geometer vor Euklid.* Leipzig 1872.

Brewster, *Life of Newton*, London 1831. Deutsch v. Goldberg, Leipzig 1833.

Cantor, M., *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.* I. Leipzig 1880.

Carrière, M., *Die philosophische Weltanschauung der Reformationszeit.* 2. A. Leipzig 1887.

Caspari, Dr. O., *Leibniz' Philosophie beleuchtet vom Gesichtspunkt der physikalischen Grundbegriffe von Kraft und Stoff.* Leipzig 1870.

Cohen, Hermann, *Das Prinzip der Infinitesimalmethode.* Berlin 1883.

— *Kants Theorie der Erfahrung.* 2. A. Berlin 1885.

Damiron, *Essai sur l'histoire de la philosophie en France au XVIIe siècle.* Paris 1846.

Delitzsch, *Anecdota zur Geschichte der mittelalterlichen Scholastik unter Juden und Moslemen.* Leipzig 1841.

Dieterici, Friedr., *Die Philosophie der Araber im X. Jhdt. n. Chr.* Leipzig 1876 u. f.

Dilthey, W., *Einleitung in die Geisteswissenschaften.* I. Leipzig 1883.

Du Cange, *Glossarium mediae et infimae latinitatis* etc. Niort 1883—87.

Dühring, Dr. E., *Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik.* 2. A. Leipzig 1877.

Dugat, *Histoire des philosophes et des théologiens muselmans.* Paris 1878.

v. Eicken, *Geschichte und System der mittelalterlichen Weltanschauung.* Stuttgart 1887.

Eucken, R., *Beiträge zur Geschichte der neueren Philosophie.* Heidelberg 1886.

Falckenberg, *Grundzüge der Philosophie des Nicolaus Cusanus.* Breslau 1880.

Fischer, Joh. Carl, *Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten.* Göttingen 1801.

Fischer, Kuno, *Francis Bacon und seine Nachfolger. Entwickelungsgeschichte der Erfahrungsphilosophie.* 2. A. Leipzig 1875.

— *Geschichte der neuern Philosophie.* 3. A. München 1878 u. f.

Gerhardt, Dr. C. J., *Die Entdeckung der höheren Analysis.* Halle 1855.

Gmelin, Joh. Friedr., *Geschichte der Chemie seit dem Wiederaufleben der Wissenschaften bis an das Ende des 18. Jahrhunderts.* Göttingen 1797.

Goethe, *Materialien zur Geschichte der Farbenlehre.* Werke, herausg. von Goedecke. Stuttgart 1874. Bd. XV.

Günther, S., *Mathematik, Naturwissenschaft (Medizin) und wissenschaftliche Erdkunde im Altertum. Handbuch der klassischen Altertumswissenschaft.* V, 1. Nördlingen 1888.

— *Geschichte des mathematischen Unterrichts im deutschen Mittelalter bis zum Jahre 1525.* Berlin 1887. (Monum. Germ. Paed. III).

— *Studien zur Gesch. der math. u. phys. Geographie.* Halle 1879.

Haarbrücker, *Al-Schahrastanis Religionsparteien und Philosophenschulen.* Halle 1850.

Haeser, Heinrich, *Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten.* I. Jena 1875. II. Jena 1881.

Hankel, H., *Zur Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter.* Leipzig 1874.

Harms, s. Karsten, Harms etc.

Hauréau, B., *Histoire de la philosophie scolastique.* Paris, I. 1872. II. 1880.

Heller, August, *Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit.* Stuttgart I. 1882, II. 1884.

Helm, Dr. Georg, *Die Lehre von der Energie historisch-kritisch entwickelt. Nebst Beiträgen zu einer allgemeinen Energetik.* Leipzig 1887.

Heumann, *Acta philosophorum.* Halle 1715.

Heussler, Dr. Hans, *Francis Bacon u. seine geschichtliche Stellung.* Breslau 1889.

— *Der Rationalismus des 17. Jhdts. in seinen Beziehungen zur Entwickelungslehre.* Breslau 1885.

Hoefer, Ferd. *Histoire de la Chimie.* 2. Ed. Paris 1866.

Jourdain, Amable. *Recherches critiques sur l'age et l'origine des traductions latines d'Aristote.* Nouv. édit. p. Charles Jourdain. Paris 1843.
— *Forschungen über Alter und Ursprung der lateinischen Übersetzungen des Aristoteles.* Deutsch von A. Stahr. Halle 1831.

Kaestner, A. G., *Geschichte der Mathematik.* Göttingen 1796—1800.
Karsten, Harms und Weyer, *Einleitung in die Physik.* Leipzig 1869.
Kaufmann, *Geschichte der Attributenlehre in d. jüd. Religionsphilosophie des Mittelalters von Saadja bis Maimûni.* Gotha 1877.
Koenig, Dr. Edmund, *Die Entwickelung des Kausalproblems von Cartesius bis Kant.* Leipzig 1888.
Kopp, Hermann, *Geschichte der Chemie.* Braunschweig 1843—47.
— *Die Entwickelung der Chemie in der neueren Zeit.* München 1873.
— *Beiträge zur Geschichte der Chemie.* Drittes Stück. Braunschweig 1875.
— *Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit.* Heidelberg 1886.

Lange, Fr. Alb., *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart.* 2. A. Iserlohn. I 1873. II. 1875.
Leclerc, *Histoire de la médecine arabe.* Paris 1876.
Libri, Guillaume, *Histoire des sciences mathématiques en Italie.* 2. Ed. Halle 1865.

Mach, Dr. Ernst, *Die Mechanik in ihrer Entwickelung histor.-kritisch dargestellt.* Leipzig 1883.
Meyer, Jürgen Bona, *Aristoteles' Thierkunde.* Berlin 1855.
Meyer, O. E., *Die kinetische Theorie der Gase. In elementarer Darstellung mit mathematischen Zusätzen.* Breslau 1877.
Millet, *Histoire de Descartes.* Paris I. 1867, II. 1870.
Montucla, J. F., *Histoire des Mathématiques.* Paris T. I, II an VII, T. III, IV p. de la Lande an X (1802).
Morhofii, *Polyhistor, literarius, philosophicus et practicus.* 4. Ed. Lubecae 1747.
Müller, Ferd. Aug., *Das Problem der Kontinuität.* Marburg 1886.
Munk, *Mélanges de philosophie juive et arabe.* Paris 1859.

Natorp, Dr. Paul, *Descartes' Erkenntnistheorie. Eine Studie zur Vorgeschichte des Kriticismus.* Marburg 1882.
Nesselmann, G. H. F., *Die Algebra der Griechen.* Berlin 1842.
(Nicéron), *Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres dans la République des Lettres.* Paris 1727 ff.

Philosophical Transactions etc. of the Royal Society of London.
Philosophische Studien. Herausg. v. Wilhelm Wundt. Leipzig.
Planck, Max, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie.* Leipzig 1887.
Poggendorff, J. C., *Biogr.-liter. Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften.* Leipzig 1863.
— *Geschichte der Physik.* Vorlesungen geh. a. d. Univ. z. Berlin. Lpz. 1879.
Pope-Blount, Thomas, *Censura celebriorum authorum.* Genev. 1696.

Prantl, *Geschichte der Logik im Abendlande.* Leipzig 1861.
Prowe, Leopold, *Nicolaus Coppernicus.* Berlin 1883.
Puschmann, *Geschichte des medizinischen Unterrichts v. d. ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.* Leipzig 1889.

Reiman, Jac. Friedr., *Versuch einer Einleitung in die historiam literariam sowohl allg. als auch i. d. hist. lit. derer Teutschen.* Halle 1708—1713.
Renan, *Averroès et l'Averroïsme.* Paris 1861.
Ritter, Heinr., *Geschichte der Philosophie.* Hamburg 1844 u. f.
Rixner und Siber, *Leben und Lehrmeinungen berühmter Physiker etc.* 7 Hefte. Sulzbach 1820—29.
Rommelaere, W., *Études sur J. B. van Helmont. Mémoire couronnée par l'Académie royale de médecine de Belgique.* Bruxelles 1868.
Rosenberger, Dr. Ferd., *Die Geschichte der Physik in Grundzügen.* Braunschweig. I. 1882. II. 1884.

Schaller, Jul., *Geschichte der Naturphilosophie von Baco von Verulam bis auf unsre Zeit.* I. Leipzig 1841. II. Halle 1846.
Schmölders, *Essai sur les écoles philosophiques chez les Arabes.* Paris 1842.
Schultze, Fritz, *Philosophie der Naturwissenschaft.* Leipzig 1881.
Schuppe, W., *Erkenntnifstheoretische Logik.* Bonn 1878.
Sédillot, *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques etc.* Paris 1845.
Sorel, *Von menschlicher Vollkommenheit,* übersetzt von Stubenberg. Nürnberg 1660.
Stein, L., *Die Psychologie der Stoa.* Berlin 1886.
Sturmii, Joh. Christophori etc., *Physica Electiva sive hypothetica.* Norimbergae. Tomus I. 1697. Tomus II. 1722.

Tait, *Die Eigenschaften der Materie.* Deutsch von Siebert. Wien 1888.
Tennemann, Wilh. Gottl., *Geschichte der Philosophie.* Leipzig 1814 u. f.
Thurot, Ch., *Recherches historiques sur le Principe d'Archimède. Revue archéologique,* Paris 1869. Année X. Vol. XIX.

Überweg-Heinze, *Grundrifs der Geschichte der Philosophie.* Berlin I., II. 7. A. 1886. III. 6. A. 1883.

Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie. Herausgegeben von R. Avenarius. Leipzig.

Whewell, W., *Geschichte der induktiven Wissenschaften.* Deutsch v. Littrow. Stuttgart 1841.
Windelband, W., *Die Geschichte der neueren Philosophie in ihrem Zusammenhange m. d. allg. Kultur u. d. besonderen Wissenschaften.* I Bd. Leipzig 1878.
Wohlwill, Dr. Emil, *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes.* Zeitschr. für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft, Bd. XIV, XV.
— *Joachim Jungius und die Erneuerung atomistischer Lehren im 17. Jahrhundert.* Ein Beitrag z. Geschichte der Naturwissenschaften in Hamburg. Hamburg 1887.

Wolf, Rudolf, *Geschichte der Astronomie*, München 1877.
Wüstenfeld, *Geschichte der arabischen Ärzte u. Naturforscher.* Göttingen 1840.
Wundt, W., *System der Philosophie.* Leipzig 1889.

Zeitschrift für Mathematik und Physik. Herausgegeben Dr. O. Schlömilch etc. Leipzig.
Zeller, Eduard, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwickelung dargestellt.* Leipzig. I. 4. A. 1876. II, 1. 3. A. 1875. II, 2. 3. A. 1879. III, 1. 3. A. 1880. III, 2. 3. A. 1881.
Zöckler, O., *Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft.* Gütersloh. I. 1877. II. 1879.

Das Werk von Cl. Baeumker, *Das Problem der Materie in der griechischen Philosophie*, Münster 1890, erschien erst, als der erste Band bereits ausgegeben, der zweite gröfstenteils gedruckt war, und konnte daher leider nicht mehr benutzt werden.

Sachregister.





Namenregister.

(Für sehr häufig sich wiederholende Namen wurde eine Auswahl der Stellen getroffen. Alle hinter II. stehenden Zahlen beziehen sich auf die Seiten des 2. Bandes.)







